

**PENGONTROL PERGERAKAN GROUP LIFT MENGGUNAKAN  
LOGIKA *FUZZY* BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL*  
(PLC)**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Marisa Primardiansya**

**NIM. 135060300111042**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGONTROL PERGERAKAN GRUP LIFT MENGGUNAKAN**  
**LOGIKA FUZZY BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC***  
***CONTROLLER*(PLC)**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**


Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MARISA PRIMARDIANSYA**  
**NIM. 135060300111042**

**Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 26 Desember 2018**

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

  
**Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM.**  
**NIP. 19730520 200801 1 013**

**Menyetujui**  
**Dosen Pembimbing**

  
**Ir. Moch. Rusli, Dipl.Ing.**  
**NIP. 19630104 198701 1 001**



JUDUL SKRIPSI :

**PENGONNTROL PERGERAKAN GROUP LIFT MENGGUNAKAN  
LOGIKA *FUZZY* BERBASIS *PROGARAMMABLE LOGIC CONTROL*  
(PLC)**

Nama Mahasiswa : Marisa Primardiansya


NIM : 135060300111042

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Kontrol

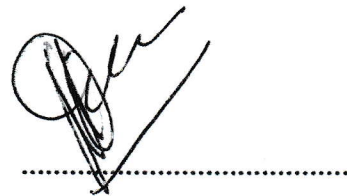
KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Ir.Moch.Rusli, Dipl.Ing

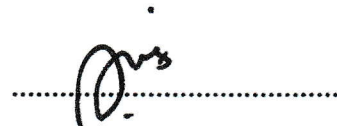


TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Ir. Purwanto, M.T



Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.



Dosen Penguji 3 : Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D



Tanggal Ujian : 19 Desember 2018

SK Penguji : No.2879 Tahun 2018

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

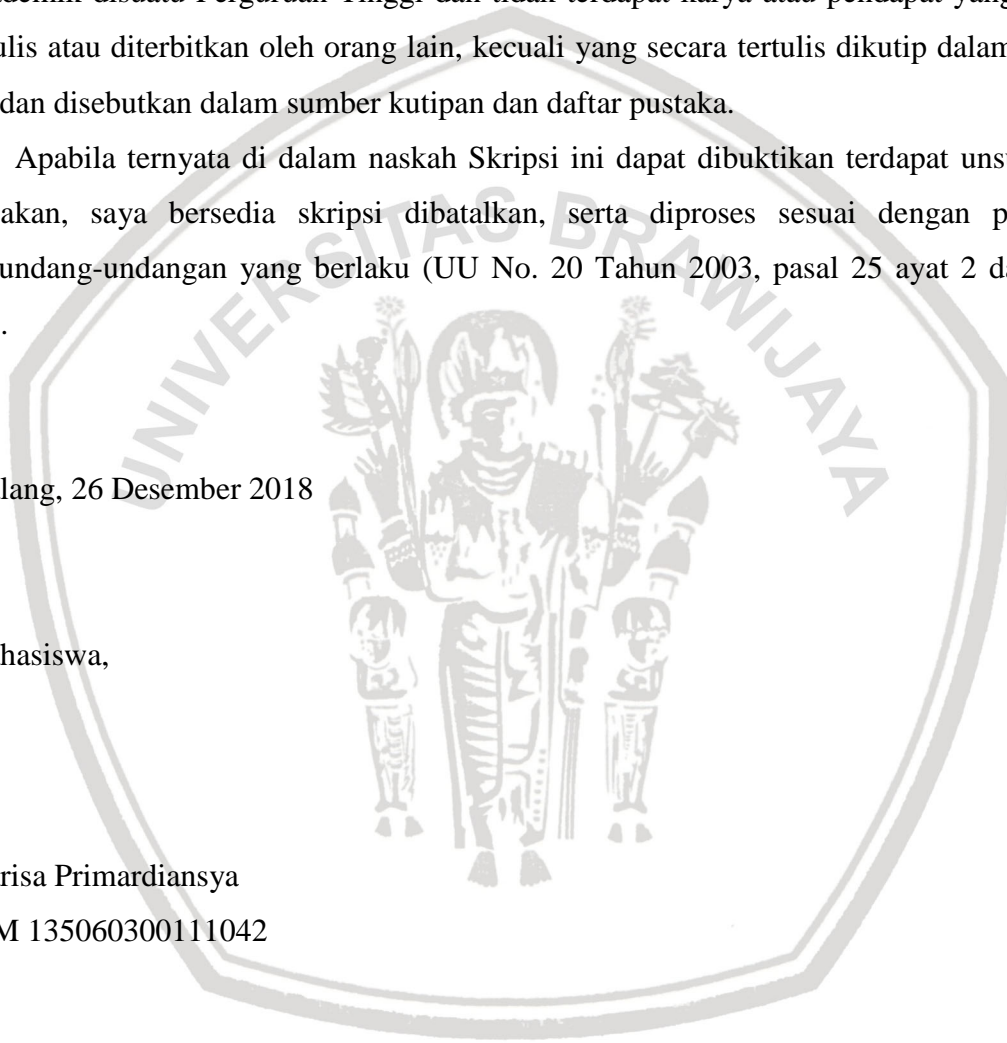
Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 26 Desember 2018

Mahasiswa,

Marisa Primardiansya

NIM 135060300111042





*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:  
Bebe dan Mama tercinta*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami persembahkan ke hadirat Tuhan Yang Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya semata sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan laporan penelitian dengan judul “PENGONTROL PERGERAKKAN GRUP LIFT MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)”.

Penyusunan laporan penelitian ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro. Penyusunan dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Mama (Retno Titing Supriyanti) dan Bebe (Mardi Santoso) serta keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi dan dukungan doa.
2. Bapak Ir.Moch.Rusli, Dipl.Ing selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Dr.Ir.Pitojo Tri Juwono, M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPm. Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. Ketua Program Studi Strata 1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Calon pendamping hidup (Nararya Andika S) yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan motivasi dan dukungan doa.
7. Teman – teman satu angkatan yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat, canda dan tawa.
8. Semua pihak yang tidak bisa peneliti sebutkan satu – persatu yang telah membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan laporan penelitian ini.

Walaupun demikian, dalam laporan penelitian ini, peneliti menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini. Namun demikian adanya, semoga penelitian skripsi ini dapat dijadikan acuan tindak lanjut penelitian selanjutnya dan bermanfaat bagi kita semua.

## DAFTAR ISI

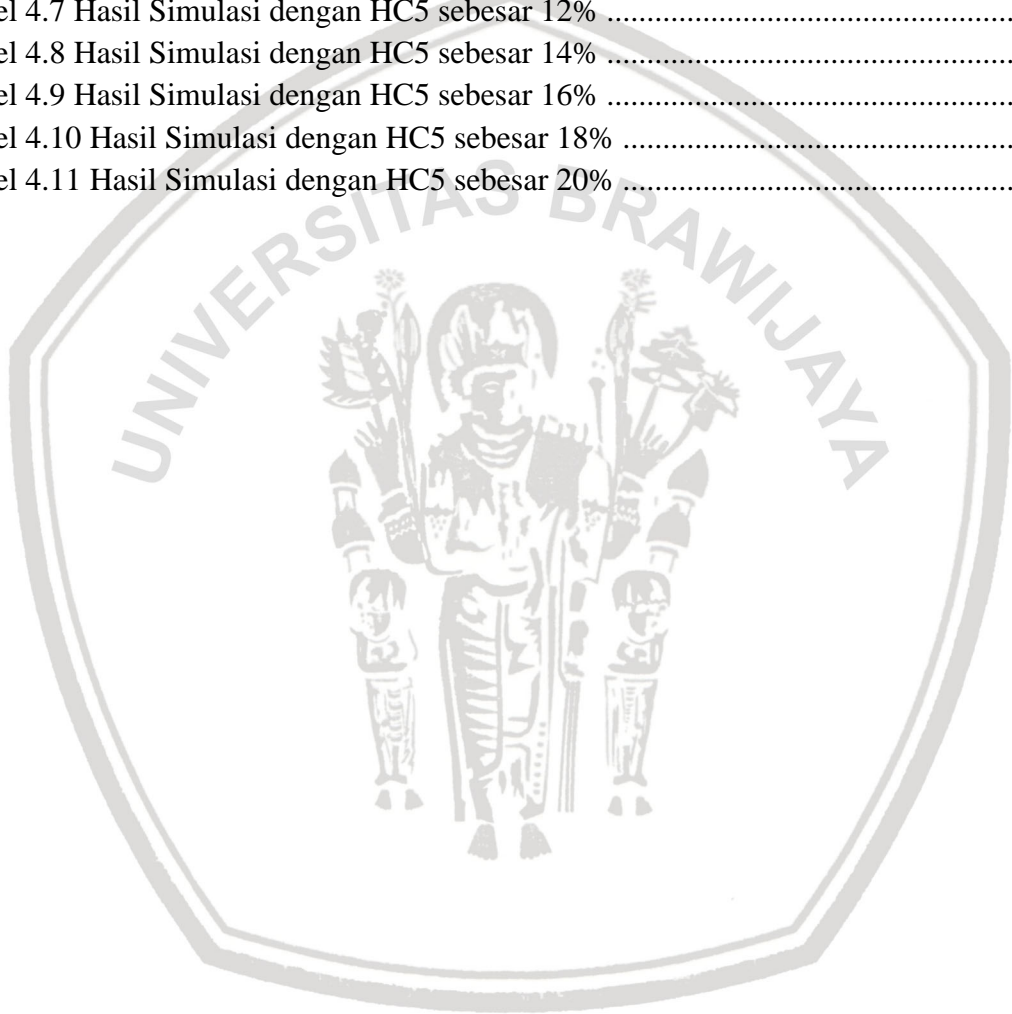
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN .....	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Lift .....	5
2.1.1 Jenis Lift Berdasarkan Penggerak .....	5
2.1.2 Sistem Kontrol Lift.....	5
2.1.3 Sistem Kontrol Grup Lift .....	6
2.1.4 Sistem Operasi Lift.....	6
2.1.5 Beban Puncak Lift .....	8
2.2 Logika <i>Fuzzy</i> .....	8
2.2.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
2.2.2 <i>Fuzzifikasi</i> .....	11
2.2.3 Penyusunan Aturan .....	12
2.2.4 Penalaran dan inferensi <i>Fuzzy</i> .....	12
2.2.5 Defuzzifikasi .....	13
2.3 Perangkat Lunak Cx-One.....	14
2.3.1 Cx-Programmer .....	14
2.3.2 Cx-Designer .....	15
2.3.3 CX-Simulator .....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Spesifikasi Alat Uji Penelitian .....	19
3.2.1 Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	19
3.2.2 Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	20
3.3 Spesifikasi Data Bahan Penelitian.....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.5 Perancangan Model Grup Lift dan Pengontrol Grup Lift.....	22
3.5.1 Model Grup Lift.....	24
3.5.2 Pengontrol Pergerakan Grup Lift Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i> .....	27
3.6 Verifikasi dan Validasi .....	33
3.7 Perancangan Perangkat Lunak.....	33
3.8 Cara Pengujian.....	35
3.9 Analisis dan Kesimpulan .....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37
4.1 Validasi Model Grup Lift .....	37
4.2 Hasil Pengujian Pengontrol Pergerakan Grup Lift .....	39
4.2.1 HC5 4% .....	40
4.2.2 HC5 6% .....	41
4.2.3 HC5 8% .....	41
4.2.4 HC5 10% .....	41
4.2.5 HC5 12% .....	41
4.2.6 HC5 14% .....	42
4.2.7 HC5 16% .....	42
4.2.8 HC5 18% .....	42
4.2.9 HC5 20% .....	43
4.3 Perbandingan Tiap HC5 .....	43
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN .....	47



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Basis Kaidah Atur.....	32
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Model Lift .....	39
Tabel 4.2 8 macam HC5 dengan populasi orang dalam gedung Perum Perhutani I Jawa Tengah sebesar 264 orang .....	40
Tabel 4.3 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 4% .....	40
Tabel 4.4 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 6% .....	41
Tabel 4.5 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 8% .....	41
Tabel 4.6 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 10% .....	41
Tabel 4.7 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 12% .....	42
Tabel 4.8 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 14% .....	42
Tabel 4.9 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 16% .....	42
Tabel 4.10 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 18% .....	43
Tabel 4.11 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 20% .....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Umum Sistem Kontrol Grup Lift .....	6
Gambar 2.2 Representasi Linier Naik .....	10
Gambar 2.3 Representasi Linier Turun .....	10
Gambar 2.4 Kurva Segitiga .....	10
Gambar 2.5 Kurva Trapesium .....	11
Gambar 2.6 Daerah ‘Bahu’ pada Variabel TEMPERATUR.....	11
Gambar 2.7 Debug Menghubungkan ke CX-Simulator .....	15
Gambar 2.8 Debug Menghubungkan ke PLC .....	16
Gambar 3.1 Spesifikasi Komputer yang Digunakan .....	19
Gambar 3.2 <i>Software CX-Programmer version 8.1</i> .....	20
Gambar 3.3 <i>Software CX-Simulator version 1.9</i> .....	20
Gambar 3.4 <i>Software CX-Designer version 3.0</i> .....	20
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.6 Struktur Umum Pengontrol Pergerakan Grup Lift dan Model Lift .....	23
Gambar 3.7 Jarak Tempuh Lift Saat Lift Bergerak Naik .....	25
Gambar 3.8 Jarak Tempuh Lift Saat Lift Bergerak Turun .....	25
Gambar 3.9 Diagram Keadaan dari Operasi tiap lift .....	27
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Masukan Jumlah Pemberhentian Lift .....	28
Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Masukan Jarak Lift .....	29
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Masukan Respon Waktu Lift.....	29
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Keluaran Indeks Performasi .....	30
Gambar 3.14 Fuzzifikasi dengan Masukan Jarak Lift sebesar 21 meter .....	31
Gambar 3.15 Inferensi min-max.....	32
Gambar 3.16 (a) Diagram Alir Utama (b) Proses Perhitungan Di .....	34
Gambar 3.17 Diagram Alir Proses Data ;(a) $S_i$ (b) $D_i$ (c) Inferensi, dan (d)Defuzzifikasi ..	35
Gambar 4.1 Posisi Lift 1 berada dilantai 1 .....	37
Gambar 4.2 Pemberian Panggilan-Lantai Naik di lantai 5 .....	37
Gambar 4.3 Lift 1 Naik.....	38
Gambar 4.4 Lift 1 Berhenti dilantai 5 .....	38
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Waktu Tunggu.....	43
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Waktu Pelayanan.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Model Grup Lift .....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2 Program Metode <i>Fuzzy</i> .....	Error! Bookmark not defined.9
Lampiran 3 Animasi <i>Monitoring</i> Grup Lift .....	Error! Bookmark not defined.6
Lampiran 4 Data Hasil Simulasi .....	Error! Bookmark not defined.7



## RINGKASAN

**Marisa Primardiansya**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Pengontrol Pergerakan Grup Lift menggunakan Metode Fuzzy berbasis Programmable Logic Controller (PLC)*, Dosen Pembimbing : Ir. Moch. Rusli, Dipl.Ing.

Pengontrol grup lift adalah sistem kontrol yang mengelola dua atau lebih lift secara sistematis dalam satu grup untuk meningkatkan layanan penumpang, mengurangi waktu tunggu, dan konsumsi daya. Ada berbagai macam algoritma kontrol grup yang dapat digunakan dalam pengontrol grup lift, misalnya dengan menugaskan lift yang paling dekat dengan panggilan-lantai, yang memiliki panggilan-lantai atau panggilan-lift paling sedikit, atau yang memiliki perkiraan waktu tunggu paling sebentar.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian perangkat lunak pengontrol grup lift menggunakan metode *Fuzzy* pada model grup lift yang dibangun. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan delapan macam *Handling Capacity* (HC5) pada model grup lift yang menggunakan algoritma kontrol grup metode *Fuzzy* dan algoritma kontrol grup konvensional. Penggunaan dua buah algoritma kontrol grup untuk mengetahui apakah algoritma kontrol grup metode *Fuzzy* dapat meningkatkan performansi grup lift dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional.

Trafik yang digunakan ialah *interfloor* trafik, yang asal (panggilan-lantai) dan tujuan lantai penumpang (panggilan-lift) terjadi secara acak dilantai 1 sampai 7. Panggilan-lantai dan panggilan-lift ini dibangkitkan menggunakan pembangkit bilangan acak *Linier Congruential Generator*. Dengan membangkitkan bilangan acak *uniform* untuk panggilan-lift dan panggilan-lantai serta bilangan acak kedatangan *poisson* untuk waktu terjadinya panggilan-lantai.

Hasil pengujian perangkat lunak pengontrol grup lift menunjukkan peningkatan pelayanan grup lift dengan berkurangnya; rata-rata waktu tunggu penumpang mulai dari HC5 sebesar 8% sampai 20% dan rata-rata waktu pelayanan penumpang mulai dari HC5 sebesar 14% sampai 20% dibandingkan pengontrol grup konvensional.

Kata kunci : *kontrol grup, fuzzy, programmable logic controller,*



## SUMMARY

**Marisa Primardiansya**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 2018, Lift Group Controller use Fuzzy Method based on Programmable Logic Controller (PLC), Supervisor: Ir. Moch. Rusli, Dipl.

Elevator group controllers are control systems that manage two or more elevators systematically in a group to improve passenger service, reduce waiting time and power consumption. There are various kinds of group control algorithms that can be used in elevator group controllers, for example by assigning the lift closest to the call-floor, which has the least floor-calling or lift-call, or which has the least estimated waiting time.

In this research, elevator group controller software testing was carried out using Fuzzy method on the built elevator group model. This test is carried out by providing eight types of Handling Capacity (HC5) in the lift group model using the Fuzzy method group control algorithm and the conventional group control algorithm. The use of two group control algorithms to find out whether the Fuzzy control group algorithm can improve lift group performance compared to conventional group control algorithms.

The traffic used is traffic interfaces, the origin (call-floor) and destination of passenger floor (call-lift) occur randomly on floors 1 to 7. These floors and lift-calls are generated using a linear Congruential Generator random number generator. By generating uniform random numbers for call-lifts and floor-calls as well as random numbers of poisson arrivals for the time of the floor-roll.

The results of the elevator group controller software testing show an increase in elevator group service with reduced; the average passenger waiting time starts from HC5 by 8% to 20% and the average passenger service time starts from HC5 by 14% to 20% compared to conventional group controllers

*Keywords: group control, Fuzzy, programmable logic controller.*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan dua atau lebih lift dalam satu gedung menimbulkan masalah baru. Pergerakan lift dalam melayani panggilan-lantai dan panggilan-lift diantara lantai-lantai gedung yang bekerja secara masing-masing atau tidak saling berhubungan menyebabkan waktu tunggu penumpang yang lama, waktu perjalanan yang lama dan konsumsi daya listrik yang tinggi. Hal ini dikarenakan lift akan melayani panggilan-lantai baru setelah menyelesaikan panggilan-lift atau mengantarkan penumpang ke lantai yang dituju.

Sistem kontrol grup lift terdiri dari dua macam yaitu pengontrol lift (*car controller*) dan pengontrol grup lift (*group controller*). Pengontrol lift berfungsi mengontrol kecepatan lift pada saat akselerasi, konstan, atau deakselerasi agar didapat pergerakan lift yang halus. Pengontrol grup lift berfungsi memilih lift untuk penumpang yang mendaftar panggilan-lantai. Pemilihan lift sangat berpengaruh pada pelayanan sistem grup lift berupa rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan penumpang.

Sistem grup lift adalah sistem kontrol yang mengelola dua atau lebih lift secara sistematis dalam satu grup untuk meningkatkan layanan penumpang, mengurangi waktu tunggu, dan konsumsi daya (Kim, 1995). Pengontrolan sistem grup lift diharapkan dapat meminimumkan waktu tunggu penumpang dan penggunaan daya listrik dengan memilih satu lift dari grup lift untuk melayani penumpang. Lift yang terpilih untuk menjawab panggilan-lantai adalah lift yang memiliki kecocokan atau indeks performansi tertinggi diantara lift yang lainnya. Indeks performansi ini dapat dicari dengan berbagai algoritma atau metode berdasarkan keadaan masing-masing lift. Keadaan masing-masing lift dapat berupa informasi kecepatan lift, posisi lift, jumlah panggilan lantai dan panggilan lift yang dimiliki saat panggilan lantai terdaftar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari indeks performansi berdasarkan beberapa kriteria yang dapat dijadikan pertimbangan adalah logika *Fuzzy*.

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti ingin membuat pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* untuk memilih lift dengan indeks performansi tertinggi untuk menjawab panggilan-lantai. Logika *Fuzzy* menghasilkan indeks performansi

tiap lift berdasarkan masukan; jarak lift ( $D_i$ ), jumlah pemberhentian ( $S_i$ ), dan respon waktu lift ( $T_i$ ). Dimana  $i$  menyatakan lift ke  $i$ . Pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* ini akan diimplementasikan ke dalam pemograman PLC dan diuji menggunakan model grup lift. Pengujian ini dilakukan dengan menyimulasikan model grup lift menggunakan *software* CX-Simulator yang terhubung ke *software* pemograman PLC, CX-Programmer. Hal ini diharapkan agar pengontrol dapat bekerja sesuai yang diinginkan, yaitu lift yang menjawab panggilan penumpang memiliki indeks performansi ( $PI_i$ ) tertinggi berdasarkan masukan dan proses yang ada di pengontrol grup lift sehingga dapat meningkatkan pelayanan sistem grup lift berupa rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan penumpang.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengimplementasikan logika *Fuzzy* pada pemograman PLC?
2. Bagaimana hasil performansi lift dari pengujian pengontrol grup lift menggunakan logika *Fuzzy* dibandingkan dengan pengontrol grup konvensional?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, ialah

1. Pengujian pengontrol grup lift dilakukan pada model grup lift yang dibangun menggunakan data sekunder yaitu data gedung Perum Perhutani Unit II Jawa Tengah.
2. Pengujian dilakukan dengan memberikan tipe trafik *interfloor* dengan tingkat kedatangan penumpang yang berbeda selama lima menit pada model grup lift.
3. Parameter performansi grup lift yang dianalisis adalah rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan.
4. Waktu transit penumpang dan buka-tutup lift sebesar 8 detik

### 1.4 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bermaksud untuk memberikan kontribusi ilmiah pada teknologi pelayanan grup lift dan secara khusus penelitian ini bermaksud untuk mengetahui peningkatan pelayanan sistem grup lift dengan penggunaan algoritma logika *Fuzzy* pada pengontrol pergerakan grup lift berbasis PLC.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penulisan penelitian ini diharapkan akan diperoleh manfaat – manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, penelitian ini diharapkan memberi kontribusi ilmiah pada teknologi pelayanan grup lift. Penelitian tentang teknologi pelayanan grup lift yang berfokus pada algoritma pengontrol pergerakan grup lift masih sedikit di Indonesia. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan mampu menyediakan referensi baru tentang penggunaan logika *Fuzzy* sebagai algoritma kontrol grup lift.
2. Secara praktis, penelitian ini diharapkan memberi manfaat melalui analisis yang dipaparkan pada pihak-pihak yang bergelut dalam dunia industri lift, tidak hanya perusahaan-perusahaan lift, namun juga masyarakat sebagai pengguna lift.







## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Lift

Pada abad ke-19, tambang dan katrol digunakan untuk mengangkut orang dan barang pada bangunan bertingkat. Peralatan ini digerakkan oleh tenaga air atau uap, yang selanjutnya berkembang dengan ditemukannya motor listrik. Pada tahun 1852 William Otis mendemostrasikan lift untuk pertama kali dengan memperhatikan aspek-aspek keselamatan manusia dan gedung pencakar langit yang pertama menggunakan lift mesin traksi yang diletakkan di puncak bangunan adalah gedung Woolworth yang dibangun di New York tahun 1914.(Jimmy, 2005).

Lift adalah mekanisme pengangkatan dan penurunan yang dilengkapi dengan mobil atau platform yang bergerak sepanjang poros, atau kerekan, dalam arah vertikal yang mengangkut penumpang dan atau barang, antara dua atau lebih lantai dari sebuah bangunan (Harold, 1981).

#### 2.1.1 Jenis Lift Berdasarkan Penggerak

Dewasa ini, terdapat dua jenis lift yang umum digunakan, yaitu jenis motor penggerak (*traction lift*) dan jenis dengan dongkrak hidrolik (*hydraulic lift*). Untuk lift dengan motor penggerak, peletakkan mesin dapat berada di atas ruang luncur (di *pen-house*) atau basemen (disamping ruang luncur).

Kecepatan lift hidrolik antar 0,30 sampai 0,90 meter/detik dan kapasitas angkut maksimumnya 10 ton (dengan tuas tunggal) dan dapat mengangkut sampai dengan beban 50 ton (dengan tuas ganda).

Kecepatan lift dengan penggerak motor diatas adalah antara 2,5 sampai 9 meter/detik. Lantai kereta lift mempunyai perbedaan sekitar 6 mm dengan permukaan lantai bangunan. Pergerakan lift tipe ini sangat halus dan sangat efisien dalam penggunaan energi listrik, namun harganya termasuk yang termahal dibandingkan sistem lift lainnya.

Lift dengan motor dibawah hanya dapat digunakan untuk melayani paling banyak delapan lantai dan biayanya sekitar 50% lebih mahal dibandingkan yang bermesin diatas. Di samping itu, kecepatannya juga terbatas (sekitar 1 meter /detik).(Jimmy, 2005).

#### 2.1.2 Sistem Kontrol Lift

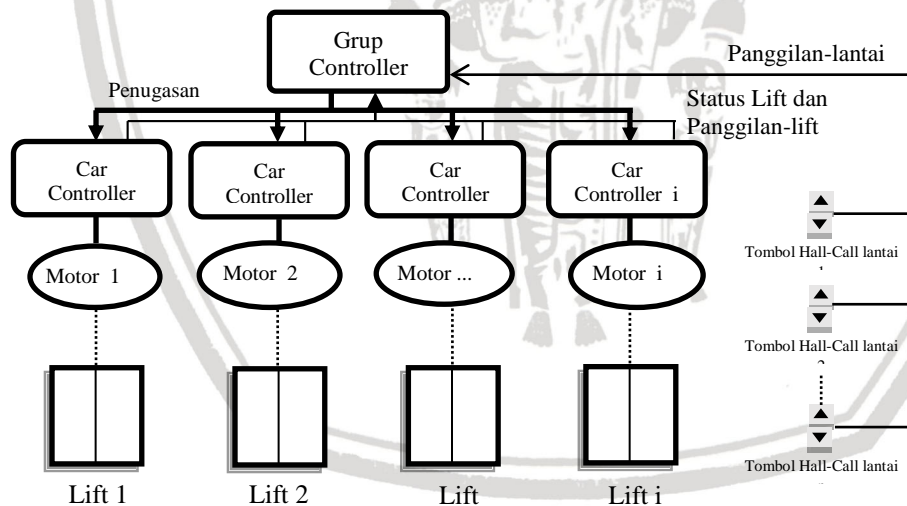
Sistem yang mengatur *starting*, *stopping*, arah gerak, kecepatan, akselerasi dan deakselerasi lift disebut kontrol. Kontrol *multivoltage* (juga dikenal sebagai kontrol

variabel tegangan) atau kontrol *rheostatic* telah umum digunakan untuk lift listrik, terutama karena kesederhanaannya mengendalikan motor dc. Munculnya transistor daya yang lebih besar telah menghasilkan sistem kontrol yang dikenal sebagai kontrolVVVF(*Variable-Voltage, Variabel-Frequency control*), yang dapat diterapkan pada motor ac untuk menghasilkan *starting* dan *stopping* yang halus sama dengan sistem kontrol lift motor dc klasik(Harold, 1981).

### 2.1.3 Sistem Kontrol Grup Lift

Sistem kontrol grup lift ini terdiri dari dua macam yaitu pengontrol lift (*car controller*) dan pengontrol group lift (*group controller*)(Khiang, Khalid, dan Yusof. 2005). Pengontrol lift mengatur gerakan masing-masing lift dan mengirim informasi tentang status lift ke pengontrol grup lift. Status setiap lift terdiri dari posisi lift, arah lift bergerak dan panggilan-lift yang berada didalam lift. Sedangkan pengontrol grup lift menentukan lift untuk penumpang yang menekan tombol panggilan-lantai. Lift yang dipilih bergerak ke lantai dimana panggilan-lantai terjadi.

Sistem grup lift adalah sistem kontrol yang mengelola dua atau lebih lift secara sistematis dalam satu grup untuk meningkatkan layanan penumpang, mengurangi waktu tunggu, dan konsumsi daya(Kim, 1995). Struktur umum sistem kontrol grup lift ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Umum Sistem Kontrol Grup Lift

Sumber: Perancangan

### 2.1.4 Sistem Operasi Lift

Metode penggerakkan kontrol lift disebut operasi lift. Banyak jenis operasi yang tersedia. Ada yang rumit dan sederhana. Sistem operasi yang rumit mungkin lebih mahal daripada sistem yang lebih sederhana untuk instalasi dan operasi, tetapi sistem akan lebih

canggih dan menangani lalu lintas secara lebih efisien. Berikut ini adalah deskripsi dari beberapa jenis operasi.

a. Operasi saklar lift.

Dengan saklar lift yang dioperasikan secara manual atau tombol *continuous-pressure* di dalam lift, operator mengontrol gerakan dan arah perjalanan lift. Untuk memastikan bahwa operator mengontrol gerakan lift, perangkat operasi tipe tuas harus kembali ke posisi berhenti dan mengunci secara otomatis ketika tangan operator dilepas. Pada saklar lift otomatis, operasi penghentian lantai, operator melepaskan tuas atau tombol untuk menghentikan mobil saat pemberhentian, perlambatan, dan pencabutan dilakukan secara otomatis.

b. Operasi sinyal.

Lift dapat *starting* hanya dengan ditekannya tombol *start* di lift oleh operator. Operator dapat mendaftarkan pemberhentian dengan menekan dan melepaskan tombol di lift yang sesuai dengan nomor lantai yang telah ditentukan sebelumnya. Orang yang memanggil lift juga bisa mendaftarkan pemberhentian dengan menekan tombol naik atau turun. Lift secara otomatis berhenti di lantai di mana sinyal terdaftar sesuai arah perjalanan lift atau urutan tombol di lantai yang bervariasi ditekan.

c. Operasi Otomatis

Operator tidak dibutuhkan dalam operasi otomatis. *Starting* dan *Stopping* terjadi ketika ada sinyal dari tombol dalam lift atau tombol di lantai atau mekanisme operasi otomatis lainnya.

- Operasi Otomatis Tunggal

Lift *starting* ketika penumpang menekan dan melepas tombol lift untuk lantai yang dituju. Kemudian lift melakukan perjalanan ke lantai tersebut dan berhenti. Lift juga *starting* ketika tombol lantai tertentu ditekan, lift menuju lantai tersebut dan berhenti. Setelah beberapa kali tombol ditekan, penekanan selanjutnya tidak mempengaruhi penergerakan lift sampai sinyal berhenti oleh tombol pertama dibuat.

- Operasi otomatis kolektif-selektif.

Jika sebuah tombol lift di lantai tertentu ditekan, lift bergerak ke lantai itu tetapi di tengah perjalanan lift dapat melakukan pemberhentian. Panggilan lantai dijawab sesuai urutan pemberhentian yang dilalui di setiap arah perjalanan, terlepas dari urutan sinyal diterima. Panggilan ke atas dilayani ketika lift melakukan perjalanan ke atas, dan panggilan ke bawah diilayani ketika lift sedang melakukan perjalanan ke bawah.



- Operasi Grup Otomatis.

Ini adalah perluasan dari operasi kolektif selektif ke sekelompok lift yang melayani panggilan-lantai atau panggilan-lift. Supervisor sistem kontrol secara otomatis mengoperasikan lift untuk menjawab panggilan dan mengkoordinasikan operasi grup lift. Operasi grup dengan pengoperasian otomatis meningkatkan jumlah penumpang yang dapat dilayani oleh lift dalam waktu tertentu (Harold, 1981).

### 2.1.5 Beban Puncak Lift

Secara ideal, lift dirancang untuk melayani beban puncak (*peak* atau *rush hour*). Beban puncak lift dilakukan berdasarkan perhitungan empiris terhadap jumlah penghuni gedung yang harus dapat diangkut oleh lift yang tersedia dalam lima menit pada waktu tersibuk di bangunan tersebut. (Jimmy S. Juwana, 2005).

Dua kriteria yang digunakan untuk mengukur kualitas kinerja lift:

- a. Waktu Tunggu  
Waktu Tunggu (*Waiting Interval*) adalah waktu maksimum, yang diukur dalam detik, antara pemanggilan lift(ditekannya tombol lif) di *lobby* utama lantai dasar pada beban puncak dan datangnya lift (terbukanya pintu lift).
- b. Kapasitas Daya Angkut (*Handling Capacity –HC*)  
Kapasitas lift tergantung dari kapasitas muat lif dan frekuensi masuk/keluarnya penumpang, yang diukur untuk jangka waktu lima menit waktu tersibuk bangunan itu. (Jimmy S. Juwana, 2005).

## 2.2 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *Fuzzy* adalah teori himpunan *Fuzzy*. Pada teori himpunan *Fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *Fuzzy* tersebut(Sri, 2013).

Menurut Rusli (2017) keputusan logika *Fuzzy* adalah tidak mutlak satu dan nol, namun nilainya berkisar antara nol sampai dengan 1. Jadi logika tidak hanya berisikan betul dan salah saja, tapi mungkin berisi setengah benar, seperempat benar, seperempat salah dan seterusnya.

Menurut Sri Kusumadewi & Hari Purnomo (2013) ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *Fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *Fuzzy*

Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *Fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *Fuzzy*.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *Fuzzy*.

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $\{0 + \infty\}$

d. Domain

Domain himpunan *Fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *Fuzzy* (Sri, 2013).

Contoh domain himpunan *Fuzzy*:

- MUDA =  $[0 \quad 45]$
- TUA =  $[45 \quad +\infty)$

### 2.2.1 Himpunan *Fuzzy*

Suatu himpunan *Fuzzy* (*fuzzy set*)  $A$  dalam semesta pembicaraan (*universe of discourse*)  $U$  dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (*membership function*)  $\mu_A$ , yang harganya berada dalam interval  $[0, 1]$ . Secara matematika ini dinyatakan dengan :

$$\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$$

Himpunan fuzzy  $A$  dalam semesta pembicaraan  $U$  biasanya dinyatakan sebagai sekumpulan pasangan elemen  $u$  ( $u$  anggota  $U$ ) dan besarnya derajat keanggotaan (*grade of membership*) elemen tersebut,  $\mu_A$ , adalah sebagai berikut:

$$A = \{(u, \mu_A(u) / u \in U)\}$$

Tanda “/” digunakan untuk menghubungkan sebuah elemen dengan derajat keanggotaannya (Son, 2007).

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

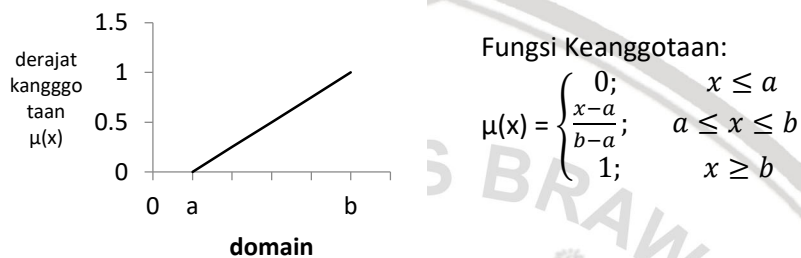
- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb (Sri, 2013).

Menurut Sri Kusumadewi & Hari Purnomo (2013), fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya

(sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang bisa digunakan, yaitu:

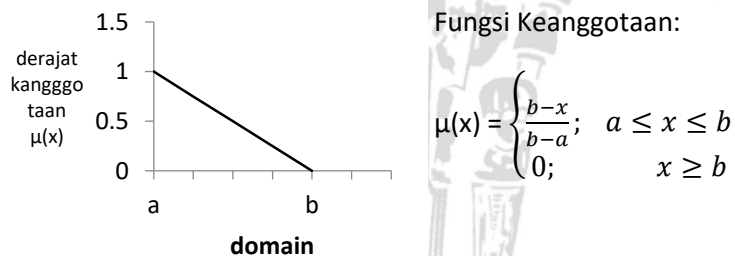
- Representasi Linier
- Representasi Kurva Segitiga
- Representasi Kurva Trapesium
- Representasi Kurva Bentuk Bahu

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Representasi linier naik dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan representasi linier turun dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.2 Representasi Linier Naik

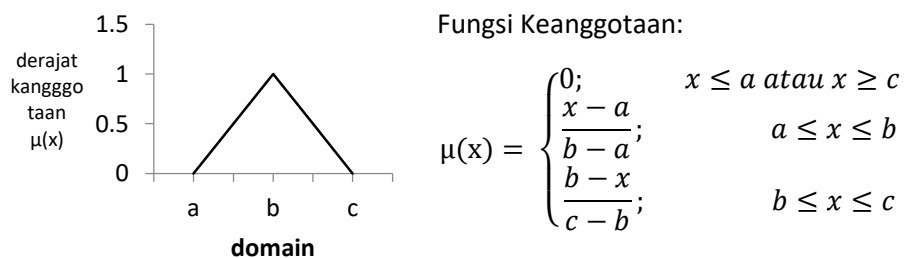
Sumber: Sri Kusumadewi, 2013



Gambar 2.3 Representasi Linier Turun

Sumber: Sri Kusumadewi, 2013

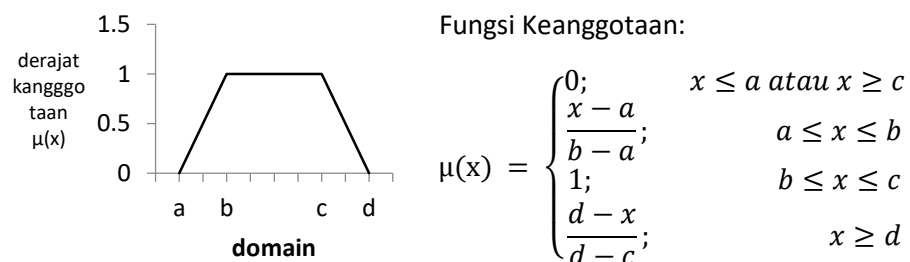
Representasi Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linier) seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Segitiga

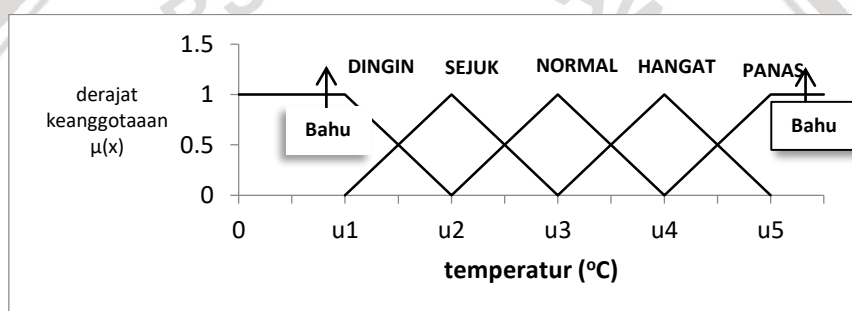
Sumber: Sri Kusumadewi, 2013

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Trapesium  
Sumber: Sri Kusumadewi, 2013

Representasi Kurva Bentuk Bahu, himpunan 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahunan bergerak dari salah ke benar. Representasi Kurva Bentuk Bahu dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Daerah 'Bahu' pada Variabel TEMPERATUR  
Sumber: Sri Kusumadewi, 2013

Menurut Son Kuswadi (2007), proses untuk mendapatkan besarnya derajat keanggotaan masukan yang berupa suatu variabel *numeric non-Fuzzy* (elemen himpunan) dalam suatu himpunan *Fuzzy* disebut fuzzifikasi (*fuzzification*).

### 2.2.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pengubahan nilai crisp (*real*) ke nilai *Fuzzy* (Rusli, 2017). Dengan kata lain fuzzifikasi merupakan pemetaan titik-titik *numeric* (crisp points)  $\underline{x} = (x^1, \dots, x^n)^T \in U$  ke himpunan *Fuzzy*  $A$  di  $U$ .  $U$  adalah semesta pembicaraan. Paling tidak ada dua kemungkinan pemetaan, yaitu:

- *Fuzzyfikasi singleton*:  $A$  adalah *Fuzzy singleton* dengan *support*  $\underline{x}$ , artinya,  $\mu_A(x') = 1$  untuk  $\underline{x}' = \underline{x}$  dan  $\mu_A(x') = 0$  untuk  $\underline{x}' \in U$  yang lain dengan  $\underline{x}' \neq \underline{x}$
- *Fuzzyfikasi nonsingleton*:  $\mu_A(x') = 1$  dan  $\mu_A(x') = 0$  menurun dari 1 sebagaimana  $\underline{x}'$  bergerak menjauh dari  $\underline{x}$  (Son, 2007).



### 2.2.3 Penyusunan Aturan

Menurut Son Kuswadi (2007), aturan-aturan *Fuzzy* dinyatakan dalam bentuk ‘IF-THEN’ yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Aturan dasar *fuzzy* adalah dalam bentuk umum:

$$R^{(I)}: \text{IF } x_1 \text{ is } F_1^I \text{ AND } \dots \text{ AND } \dots x_n \text{ is } F_n^I, \text{ THEN } y \text{ is } G^I$$

Dimana  $F_1^I$  dan  $G^I$  adalah himpunan *Fuzzy* masing-masing di  $U_i \subset R$  dan  $V \subset R$ , dan  $\underline{x} = (x^1, \dots, x^n)^T \in U_1 \times \dots \times U_n$  dan  $y \in V$  adalah variabel linguistik.

Untuk mendapatkan aturan IF-THEN diatas ada dua cara utama, yaitu: (1) menanyakan ke operator manusia yang dengan cara manual telah mampu mengendalikan sistem tersebut-dikenal sebagai istilah *human expert*, dan (2) dengan menggunakan algoritma pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

### 2.2.4 Penalaran dan inferensi Fuzzy

Menurut Son Kuswadi (2007), dalam penalaran logika *Fuzzy* ada dua tipe utama untuk pengambilan keputusan *Fuzzy*, yaitu *generalized modus ponens* (GMP) dan *generalized modus tollens* (GMT). Generalized modus ponens disebut juga dengan *direct reasoning*, sedangkan generalized modus tollens disebut *indirect reasoning*.

Bermacam-macam pendekatan dapat digunakan untuk menentukan hubungan korespondensi pada aturan-aturan *Fuzzy*. Tabel 2.1 menunjukkan penggunaan fungsi implikasi untuk mendefinisikan aturan aturan *Fuzzy* dalam bentuk ‘IF x is A THEN y is B’, dimana  $A \in U, x \in U, B \in V, y \in V$ .

Type Operasi	Fungsi-fungsi implikasi untuk ‘IF x is A THEN y is B’
<i>Mini rule</i> (Mamdani)	$R_c = A \times B = \int UxV \mu_A(u) \wedge \mu_B(u) / (u, v)$
<i>Product rule</i> (Larsen)	$R_p = A \times B = \int UxV \mu_A(u) \cdot \mu_B(u) / (u, v)$
<i>Max-min rule</i> (Zadeh)	$R_m = (A \times B) \cup (\text{not } A \times V)$ $= \int UxV \mu_A(u) \wedge \mu_B(u) \vee (1 - \mu_A(u)) / (u, v)$
<i>Arithmetic rule</i> (Zadeh)	$R_a = (\text{not } A \times V) \oplus (A \times B)$ $= \int UxV 1 \wedge (1 - \mu_A(u) + \mu_B(u)) / (u, v)$
Boolean	$R_b = (\text{not } A \times V) \oplus (A \times B)$ $= \int UxV 1 \wedge (1 - \mu_A(u) \vee \mu_B(u)) / (u, v)$

Tabel 2.1 Fungsi-fungsi implikasi *Fuzzy*

Sumber: Son Kuswadi, 2007

Proses untuk mendapatkan aksi keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan disebut *inference* atau *reasoning*(pengambilan keputusan).

### 2.2.5 Defuzzifikasi

Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran ini masih dalam bentuk *Fuzzy*, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik non fuzzy melalui proses defuzzifikasi (Son, 2007).

Menurut M. Rusli(2017), proses defuzzifikasi ini mempunyai sekitar 7 cara defuzzifikasi, yaitu:

1. Prinsip keanggotaan maksimum: metode ini hanya dapat dikenakan pada fungsi hasil fuzzy yang memiliki hanya satu nilai maksimum. Metodo ini dikenal juga sebagai metode tinggi. Secara matematik, rumusan rincinya adalah:

$$\mu_c(z^*) \geq \mu_c(z) \text{ untuk semua } z \in Z$$

2. Metode titik berat: metode ini juga disebut metode *center of gravity*(COG) . Cara ini mengacu ke perhitungan pencarian titik berat suatu bentuk geometri tertentu. Rumusan untuk itu adalah:

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z \, dz}{\int \mu_c(z) \, dz}$$

3. Metode rata-rata berat: Cara ini hanya berlaku untuk hasil proses fuzzy yang simetri. Rumusan untuk itu adalah:

$$z^* = \frac{\sum \mu_c(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_c(\bar{z})}$$

Tanda matematika sigma  $\Sigma$  menyatakan jumlahan aljabar. Metode titik berat rata-rata ini adalah berlaku hanya untuk fungsi anggota yang simetri. Setiap fungsi keanggotaan ditentukan titik beratnya. Kemudian dihitung rata-rata dari titik-titik berat itu.

4. Keanggotaan mean-max: metode ini dikenal juga sebagai *middle of maximum*( titik tengah dari maksimum). Kalau hasil fuzzy mempunyai hanya satu titik maksimum metode ini akan menghasilkan sama dengan metode nomer 1. Namun apabila terdapat banyak nilai maksimum, maka titik defuzifikasi adalah rata-rata dari nilai maksimum itu.

5. Jumlahan pusat titik berat: ini tidak sama dengan metode titik berat. Sebab metode titik berat, menggunakan hasil proses fuzzy ditentukan nilai titik berat keseluruhan. Sedangkan metode ini adalah setiap fungsi keanggotaan ditentukan titik beratnya.
6. Pusat dari fungsi keanggotaan yang paling besar: cara ini mengacu ke perhitungan titik berat suatu bentuk. Dari beberapa fungsi keanggotaan, carilah fungsi keanggotaan yang paling besar. Dari fungsi keanggotaan yang terpilih dilakukan penentuan titik berat untuk fungsi keanggotaan yang ditentukan.
7. Pertama(terakhir) dari maksima: cara ini memiliki dua tahapan, pertama menentukan tinggi yang paling besar dari seluruh pembentuk fungsi terakhir. Apabila sudah ketemu, maka titik defuzzifikasinya adalah titik berat dari fungsi keanggotaan yang terpilih

### 2.3 Perangkat Lunak Cx-One

CX-One merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk pemrograman PLC OMRON tipe apapun. Program ini dapat membantu pemrogram menuliskan program PLC atau memelihara suatu program PLC. Perangkat keras PLC dihubungkan ke PC oleh kabel *Ethernet*. CX-One memiliki fitur simulasi ladder diagram. Dengan demikian *ladder diagram* yang sudah dibuat pada program tersebut dapat langsung dicoba tanpa perlu menyambungkan PLC nyata dengan PC. CX-One menyediakan pemeriksaan interoperabilitas antara program ladder dan layar panel sentuh.

- Operasi dapat diverifikasi sebelum perangkat yang sebenarnya seperti PLC dan PT (panel sentuh) dipasang dan disambungkan, sehingga kualitas perangkat lunak dapat ditingkatkan dalam tahap desain.
- Pengoperasian PLC dan PT (panel sentuh) dapat diverifikasi secara bersamaan di komputer, yang sangat mengurangi waktu yang diperlukan untuk *debugging* dan *downtime* peralatan selama perbaikan.

#### 2.3.1 Cx-Programmer

Cx-Programmer, perangkat lunak pemrograman untuk semua seri PLC Omron, telah diintegrasikan ke dalam perangkat lunak CX-One. CX-Programmer mencakup berbagai macam fitur untuk mempercepat pengembangan program PLC. Dialog pengaturan-parameter baru mengurangi waktu *setup*, dan dengan blok fungsi standar dalam teks terstruktur IEC 61131-3 atau bahasa ladder konvensional, CX-Programmer dapat membuat pengembangan program PLC.

### 2.3.2 Cx-Designer

CX-Designer adalah paket perangkat lunak aplikasi yang dapat dijalankan pada Windows 2000, XP atau Vista untuk membuat data proyek yang ditampilkan pada Terminal Programmable NS-series (disebut sebagai "PTs"). CX-Designer memungkinkan penggunaan antarmuka grafis Windows 2000, XP atau Vista dan lingkungan operasi Windows sehingga layar dan data proyek lainnya dapat dibuat secara sederhana dan mudah oleh hampir semua orang.

- Fungsi Tes

Fungsi tes digunakan untuk memanipulasi data proyek yang dibuat pada CX-Designer untuk memeriksa operasi data layar tanpa mentransfer data ke PT. Menekan tombol, mengubah nilai, dan mengoperasikan dan menampilkan objek fungsional dapat diuji tanpa menggunakan PT.

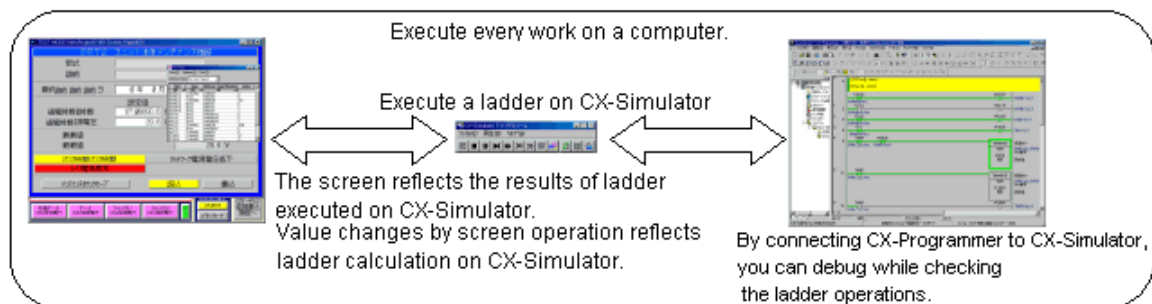
Fungsi tes memungkinkan Anda untuk men-debug layar dengan cara berikut.

- *Debug offline*

Layar yang dibuat dapat beroperasi di computer. Perilaku objek fungsional dapat diuji, mengoperasikan setiap objek fungsional pada layar atau mengubah nilai alamat dalam alat Uji.

- *Debug Menghubungkan ke CX-Simulator*

Fungsi tes dapat dihubungkan ke CX-Simulator. Dengan mengoperasikan tangga, yang dibuat dengan CX-Programmer, di CX-Simulator, data layar di komputer dan data tangga dapat diintegrasikan dan di-debug pada saat yang bersamaan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Debug Menghubungkan ke CX-Simulator

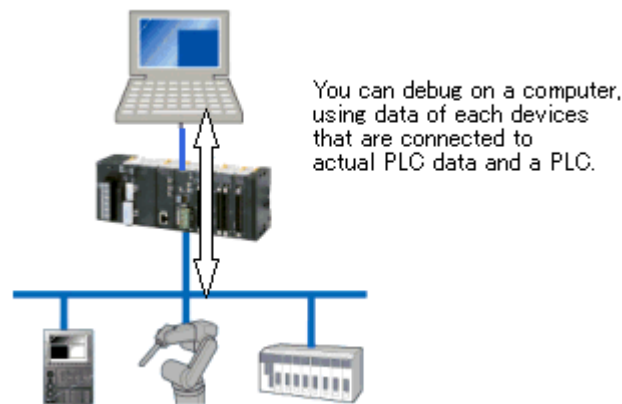
- *Debug Menghubungkan ke CX-Simulator*

CX-Simulator dapat dihubungkan ketika PLC Omron dan Pengontrol seri NSJ ditetapkan sebagai tuan rumah.

- *Debug Menghubungkan ke PLC*



Fungsi tes dapat dihubungkan ke PLC Omron yang terhubung ke komputer seperti pada Gambar 2.9. Ini memungkinkan pengguna untuk melakukan debug menggunakan data dalam unit yang terhubung ke PLC dan dalam PLC di jaringan.



Gambar 2. 8 Debug Menghubungkan ke PLC

Ketika lebih dari satu host diatur dalam proyek, CX-Simulator atau PLC dapat dihubungkan hanya ke satu *host*. *Host* lain dapat di-debug karena nilai alamat dapat dipantau atau diubah dengan menggunakan alat tes. Koneksi ke Seri C dan koneksi ke host menggunakan tag tidak didukung.

### 2.3.3 CX-Simulator

CX-Simulator memungkinkan untuk mewujudkan Unit CPU SYSMAC CS / CJ series di komputer sebagai *virtual* PLC dan mengoperasikan (menyimulasikan) itu sama seperti Unit CPU yang sebenarnya. Penggunaan kombinasi CX-Simulator dan CX-Programmer memungkinkan untuk memverifikasi operasi program *ladder* dan waktu siklus terlebih dahulu pada PC tanpa PLC yang sebenarnya. Selain itu, berbagai fungsi *debug* CX-Simulator memungkinkan untuk men-*debug ladder*.

- Hubungan antara CX-Simulator dan CX-Programmer

CX-Simulator menciptakan PLC *virtual* pada jaringan *virtual* di PC, jika menggunakan "Work Online Simulator" fungsi CX-Programmer Ver.3.0 atau versi lebih besar, CX-Simulator otomatis memulai PLC *virtual* dari jenis perangkat proyek saat ini untuk membuka koneksi antara CX-Programmer dan PLC *virtual*.

#### Karakteristik Utama CX-Simulator

- Eksekusi program, pemantauan, debug tanpa PLC yang sebenarnya.
- Pemantauan program dan nilai memori IO sekarang diaktifkan. Selain itu, *debugs* yang normal seperti memaksa *on* atau *off*, pemantauan diferensial, jejak data dan



*edit online* diaktifkan dari CX-Programmer juga tugas siklik apapun dapat dimulai atau dihentikan dan tugas-tugas interupsi dapat dimulai dalam simulasi.

- Periksa waktu siklus tanpa PLC yang sebenarnya adalah mungkin untuk memeriksa perkiraan waktu siklus (nilai saat ini, minimum, maksimum, dan rata-rata, servis waktu \* 1) ketika program dijalankan dalam PLC yang sebenarnya sebelumnya.
- Pelaksanaan program per langkah atau pemindaian, pengaturan kondisi rem I / O *Debug* yang tidak dapat direalisasikan dalam PLC yang sebenarnya disediakan:
  - *Step Run*: Menjalankan program per instruksi
  - *Scan Run*: Menjalankan program per pindaian (siklus)
  - Pengaturan Kondisi I/O *Break*: Membatalkan eksekusi ketika kondisi yang diatur dalam memori I/O berada





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menganalisis performansi sistem grup lift yang memiliki berbagai kemungkinan, penelitian dengan sistem grup lift sebenarnya seringkali terlalu rumit, terlalu mahal atau tidak mungkin sama sekali. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan simulasi sebagai metode analisis performansi sistem grup lift.

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama  $\pm 3$  bulan dan dilaksanakan di Universitas Brawijaya. Data yang digunakan ialah data sekunder yang didapatkan dari [jurnal.polines.ac.id](http://jurnal.polines.ac.id).

### 3.2 Spesifikasi Alat Uji Penelitian

Untuk melakukan analisis simulasi pengujian digunakan beberapa alat pengujian dengan spesifikasi alat yang mendukung untuk melakukan simulasi.

#### 3.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

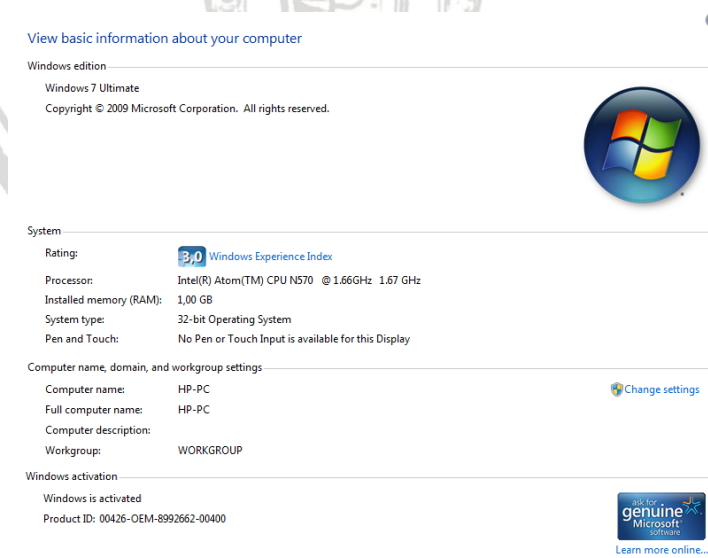
Komputer yang digunakan dalam penelitian ini adalah *notebook* hp mini dengan spesifikasi sebagai berikut:

*Processor* : Intel Atom

*RAM* : 1 GB

*CPU* : 1,6 GHz

Spesifikasi *notebook* hp mini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



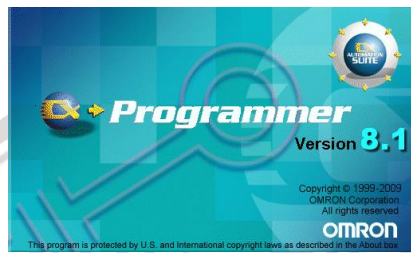
Gambar 3.1 Spesifikasi Komputer yang Digunakan  
Sumber: Perancangan

### 3.2.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak Cx-One memungkinkan membangun, mengkonfigurasi dan memprogram sejumlah perangkat seperti PLC, HMI ([www.industrialomron.eu](http://www.industrialomron.eu)).

Pada penelitian ini digunakan *software* CX-One untuk membangun pengontrol pergerakan grup lift dan model grup lift serta untuk melakukan simulasi.

Gambar 3.2 merupakan tampilan dari salah satu fitur *software* CX-One yaitu CX-Programmer yang digunakan untuk membangun pengontrol pergerakan grup lift dan model grup lift.



Gambar 3.2 *Software* CX-Programmer version 8.1  
Sumber: Perancangan

Gambar 3.3 merupakan tampilan dari salah satu fitur *software* CX-One yaitu CX-Simulator yang digunakan untuk simulasi pengontrol pergerakan grup lift dan model grup lift.



Gambar 3.3 *Software* CX-Simulator version 1.9  
Sumber: Perancangan

Gambar 3.4 merupakan tampilan dari salah satu fitur *software* CX-One yaitu *software* CX-Designer yang digunakan untuk monitoring simulasi model grup lift:



Gambar 3.4 *Software* CX-Designer version 3.0  
Sumber: Perancangan

### 3.3 Spesifikasi Data Bahan Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan spesifikasi data bahan penelitian untuk membangun model lift. Model grup lift digunakan untuk menganalisis performansi grup lift yang menggunakan pengontrol pergerakan grup lift logika *Fuzzy* karena itu maka keakuratan data yang dimasukan akan sangat mempengaruhi hasil simulasi. Data bahan simulasi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari studi kasus yang dilakukan oleh Aisyah F.A. , Tyas H.P., dkk, yaitu:

#### 1. Spesifikasi Gedung

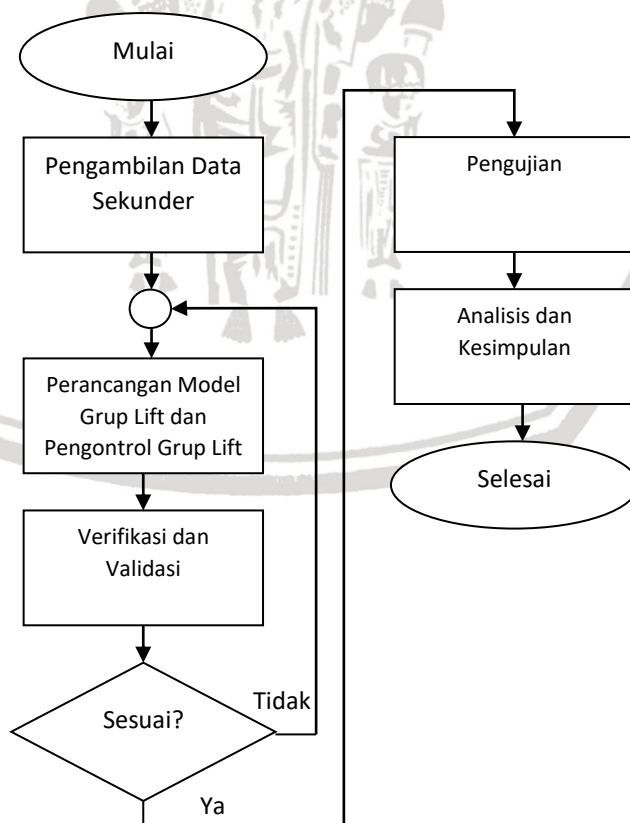
- Jumlah Penghuni Gedung = 264 orang
- Jumlah lift = 2 lift
- Jumlah lantai = 7 lantai
- Tinggi antar lantai = 4,2 meter

#### 2. Spesifikasi Lift

- Kecepatan rata-rata lift = 1,5 meter/detik

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian berjalan sistematis maka digunakan alur penelitian. Alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian



Sumber: Perancangan

Alur penelitian desain dan simulasi pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* berbasis PLC ini dari mulai hingga selesai adalah sebagai berikut :

Langkah 1 : Pengambilan Data Sekunder

Pada langkah ini peneliti mengambil data sekunder yang digunakan untuk membangun model grup lift.

Langkah 2 : Perancangan Model Lift dan Pengontrol pergerakan Grup Lift

Pada langkah ini dilakukan perancangan model grup lift dan pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy*.

Langkah 3: Verifikasi dan Validasi

Pada langkah ini dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan tidak ada kesalahan pemrograman dan sistem yang dirancang bekerja sesuai konsep yang dibuat.

Langkah 5: Hasil sesuai langkah 3?

Pada langkah ini apabila hasil verifikasi dan validasi tidak sesuai dengan konsep perancangan pada langkah 3 maka akan kembali ke langkah 3 untuk perancangan ulang.

Langkah 6: Pengujian

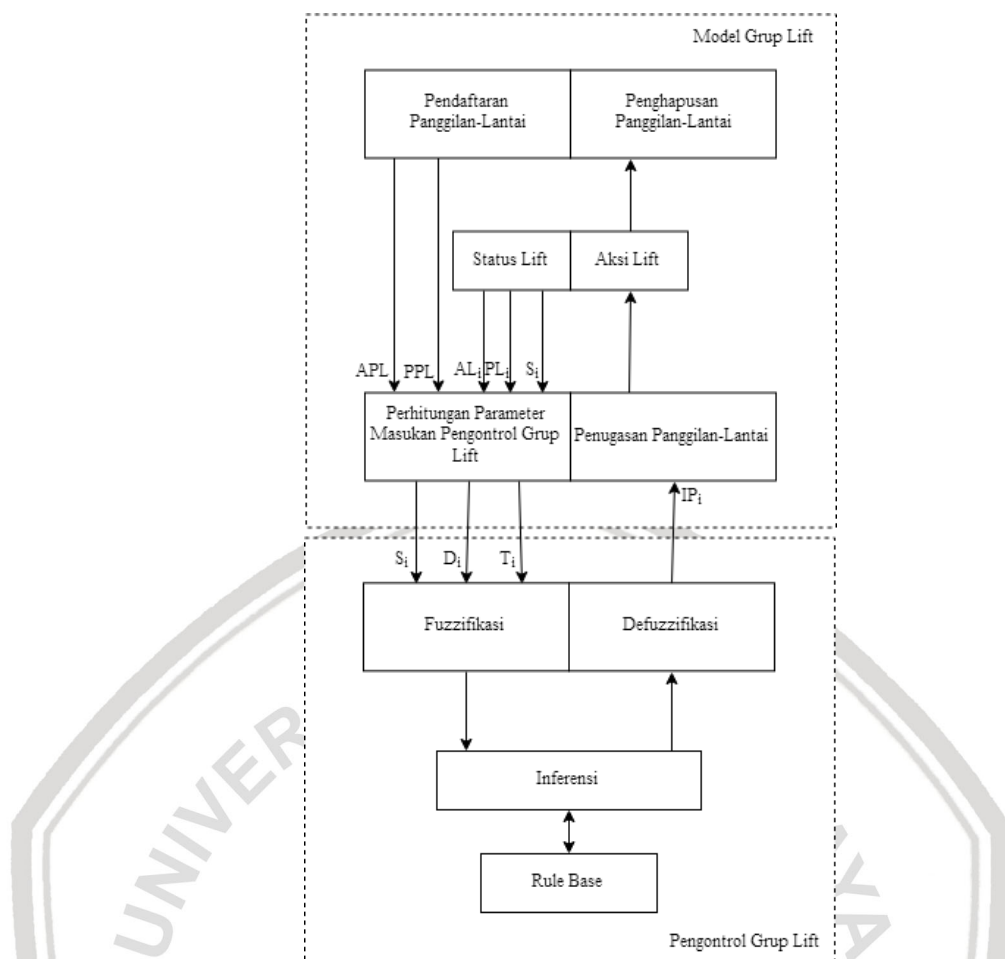
Pada langkah ini, pengujian dilakukan menggunakan dua algoritma pengontrol pergerakan grup lift berbeda yaitu pengontrol grup konvensional dan pengontrol grup lift logika *Fuzzy* untuk membandingkan performansi grup lift terhadap penggunaan kedua pengontrol grup lift.

Langkah 7: Analisis dan Kesimpulan

Pada langkah ini dilakukan analisis dan kesimpulan dari hasil simulasi tersebut.

### 3.5 Perancangan Model Grup Lift dan Pengontrol Grup Lift

Struktur umum pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Struktur Umum Pengontrol Pergerakan Grup Lift dan Model Lift  
Sumber: Perancangan

Keterangan:

- APL = Arah Panggilan-Lantai
- PPL = Posisi Panggilan-Lantai
- $AL_i$  = Arah lift ke 1, 2, ..., i
- $PL_i$  = Posisi lift ke 1, 2, ..., i
- $S_i$  = Jumlah pemberhentian lift ke 1, 2, ..., i
- $D_i$  = Jarak lift ke 1, 2, ..., i
- $T_i$  = Respon waktu lift ke 1, 2, ..., i
- $IP_i$  = Jumlah pemberhentian Lift ke 1, 2, ..., i

Berdasarkan Gambar 3.6, pada bagian model grup lift, ketika terjadi panggilan-lantai, informasi panggilan-lantai dan status lift akan masuk ke Penghitungan Masukan Pengontrol Grup Lift untuk menghasilkan parameter masukan pengontrol grup lift. Keluaran pengontrol grup lift berupa Indeks Performansi ( $IP_i$ ) lift akan menjadi masukan Penugasan Lift untuk memilih lift yang memiliki  $IP_i$  tertinggi. Lift yang terpilih akan melakukan aksi lift kemudian menghilangkan panggilan-lantai. Pada bagian pengontrol

grup lift, hasil dari perhitungan parameter pengontrol grup lift akan digunakan untuk mendapatkan IP tiap lift.

### 3.5.1 Model Grup Lift

Model grup lift yang dibangun pada penelitian ini ditujukan untuk pengujian pengontrol grup lift. Sistem grup lift yang digunakan ialah lift yang mempunyai tombol panggilan-lantai naik dan turun di setiap lantai, kecuali di lantai terbawah dan teratas. Lantai teratas hanya mempunyai tombol panggilan-lantai turun dan lantai terbawah hanya mempunyai tombol panggilan-lantai naik.

Pada sistem lift terdapat dua macam panggilan, yaitu panggilan-lantai dan panggilan-lift. Panggilan-lantai adalah panggilan yang terjadi di lantai sedangkan panggilan-lift adalah panggilan yang terjadi di dalam lift. Struktur pada model grup lift grup memiliki 6 bagian, yaitu:

1. Permintaan panggilan-lantai adalah penekanan tombol naik atau turun yang tersedia di setiap lantai untuk mendaftarkan panggilan-lantai dan arah lantai yang dituju.
2. Status lift pada model grup ini berisi informasi arah perjalanan, posisi, dan jumlah panggilan-lift ditambah jumlah panggilan-lantai atau jumlah pemberhentian tiap lift. Informasi pada status lift akan digunakan untuk perhitungan parameter masukan pengontrol grup lift.
3. Perhitungan parameter pengontrol grup lift berfungsi untuk menghitung parameter masukan pengontrol grup lift berdasarkan; arah dan posisi lantai dari pendaftaran panggilan lantai; dan arah perjalan, posisi, dan jumlah pemberhentian dari status lift. Keluaran dari perhitungan parameter masukan pengontrol grup lift akan digunakan sebagai masukan metode *Fuzzy*. Pada penelitian ini digunakan masukan metode *Fuzzy* berupa jumlah pemberhentian lift ( $S_i$ ), jarak lift ( $D_i$ ), dan respon waktu lift ( $T_i$ ). Jadi keluaran dari perhitungan parameter pengontrol grup lift adalah masukan metode *Fuzzy*, yaitu:

- Pemberhentian lift ( $S_i$ ) adalah jumlah panggilan-lantai dan panggilan-lift pada lift yang harus dilayani sebelum sampai ke panggilan-lantai terbaru.

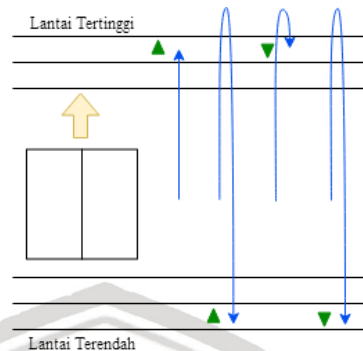
$$S_i = \text{Jumlah Panggilan Lantai} + \text{Jumlah Panggilan Lift}$$

- Jarak lift ( $D_i$ ) adalah jarak yang dibutuhkan lift untuk mencapai lantai terjadinya panggilan-lantai.

Jika lift sedang tidak melayani penumpang:

$$D_i = |(\text{Posisi sekarang lift} - \text{posisi panggilan lantai terdaftar})| \times \text{tinggi antar lantai}$$

Jika arah lift naik seperti pada Gambar 3.7 maka perhitungan  $D_i$  untuk setiap kemungkinan terjadinya panggilan lantai dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:



Gambar 3.7 Jarak Tempuh Lift Saat Lift Bergerak Naik  
Sumber: Perancangan

Arah panggilan-lantai naik:

Lift berada dibawah lantai terjadinya panggilan-lantai,

$$D_i = (\text{Posisi panggilan lantai terdaftar} - \text{posisi sekarang lift}) \times \text{tinggi antar lantai}$$

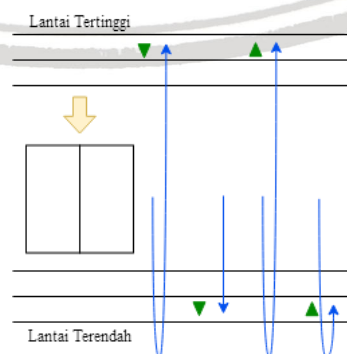
Lift berada diatas atau sama dengan lantai terjadinya panggilan-lantai,

$$D_i = (\text{Lantai tertinggi} - \text{posisi lift sekarang}) + (\text{Lantai tertinggi} - \text{posisi panggilan lantai terdaftar}) \times \text{tinggi antar lantai}$$

Arah panggilan-lantai turun:

$$D_i = |(\text{Lantai tertinggi} - \text{posisi lift sekarang})| + (\text{Lantai tertinggi} - \text{posisi panggilan lantai terdaftar}) \times \text{tinggi antar lantai}$$

Jika arah lift turun seperti pada Gambar 3.8 maka perhitungan  $D_i$  untuk setiap kemungkinan terjadinya panggilan lantai dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:



Gambar 3.8 Jarak Tempuh Lift Saat Lift Bergerak Turun  
Sumber: Perancangan

Arah panggilan-lantai turun:

Lift berada diatas lantai terjadinya panggilan-lantai,

$$D_i = |(Posisi\ sekarang\ lift - posisi\ panggilan\ lantai\ terdaftar) \\ \times\ tinggi\ antar\ lantai|$$

Lift berada dibawah atau sama dengan lantai terjadinya panggilan-lantai ,

$$D_i = |(Lantai\ tertinggi - posisi\ panggilan\ lantai\ terjadi) \\ + (posisi\ lift\ sekarang + lantai\ tertinggi) \\ \times\ tinggi\ antar\ lantai|$$

Arah panggilan-lantai naik:

$$D_i = |(posisi\ sekarang\ lift + posisi\ panggilan\ lantai\ terdaftar)| \\ \times\ tinggi\ antar\ lantai$$

- Respon waktu lift ( $T_i$ ), adalah perkiraan waktu yang diperlukan penumpang untuk menunggu lift tiba, mulai dari pendaftaran panggilan-lantai sampai lift yang terpilih tiba di lantai panggilan-lantai terdaftar. Perkiraan waktu tunggu dihitung dengan persamaan:

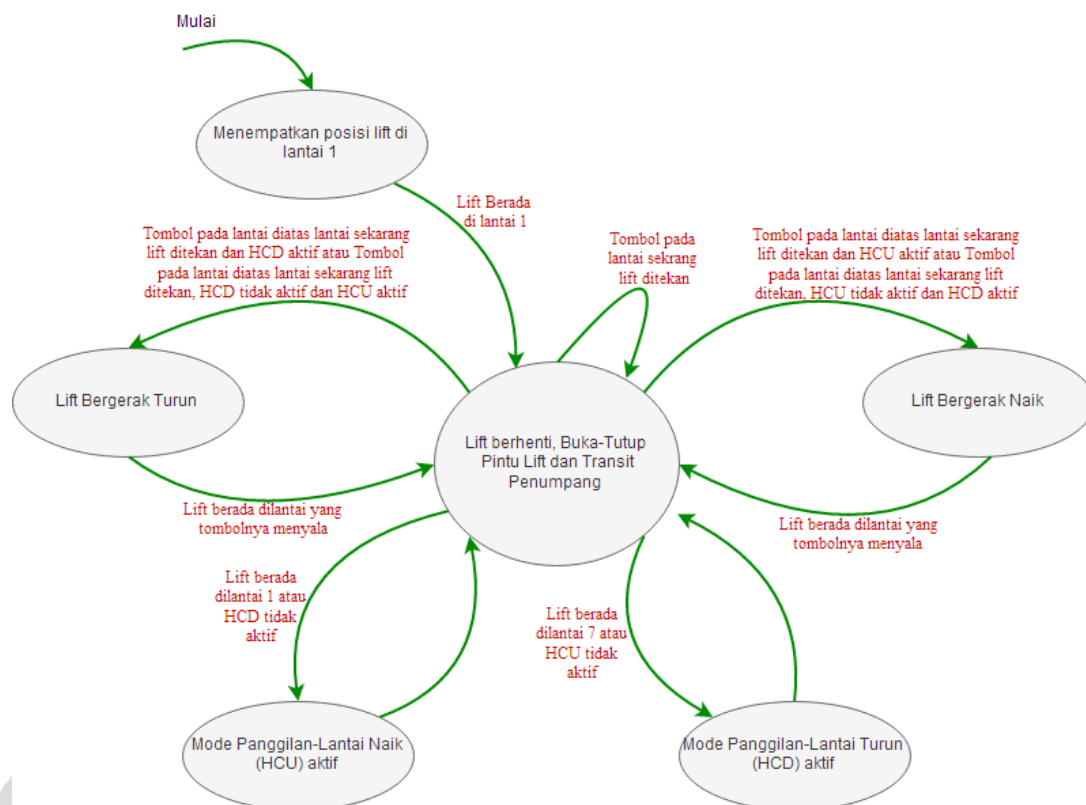
$$T_i = (S_i \times Ts) + \left(\frac{D_i}{v}\right)$$

Keterangan:

$T_s$  = waktu membuka pintu + waktu menutup pintu + waktu transit penumpang  
 $v$  = kecepatan rata-rata lift

- Penugasan panggilan-lantai bertugas membandingkan nilai IP sebanyak  $i$  lift kemudian memilih lift yang memiliki nilai IP tertinggi.
- Aksi Lift berfungsi menggerakkan lift yang terpilih untuk melayani panggilan-lantai dan panggilan-lift yang ada pada lift tersebut. Aksi lift pada penelitian ini menggunakan operasi lift otomatis kolektif-selektif. Diagram keadaan dari operasi lift yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.9.





Gambar 3.9 Diagram Keadaan dari Operasi tiap lift  
Sumber: Perancangan

- Penghilangan panggilan-lantai adalah menghilangkan panggilan-lantai yang terdaftar setelah ada aksi lift untuk melayani panggilan lantai tersebut.

#### Asumsi

Asumsi digunakan untuk memudahkan dalam melakukan analisis. Adapun asumsi yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu

- Setiap penumpang menekan tombol sesuai keperluan penggunaan lift jika tombol tersebut belum menyala atau ditekan penumpang lain.
- Penumpang yang melakukan panggilan-lantai akan tetap menunggu sampai lift yang terpilih tiba.

### 3.5.2 Pengontrol Pergerakan Grup Lift Menggunakan Logika Fuzzy

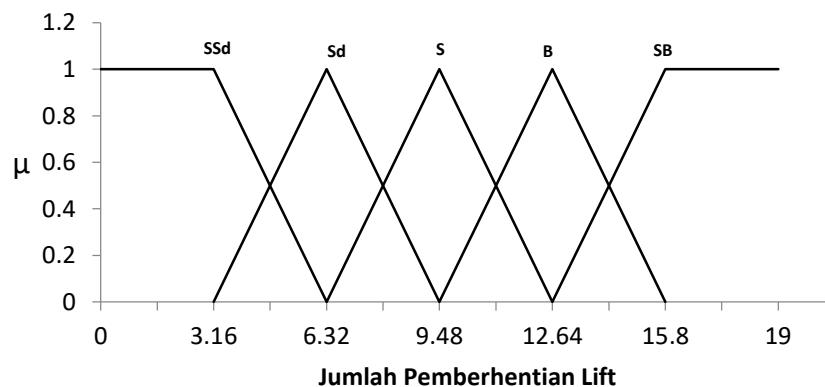
Berdasarkan Gambar 3.6, perancangan metode *Fuzzy* ini meliputi Fuzzifikasi, Inferensi, Basis Kaidah (*Rule Base*) dan Defuzzifikasi. Variabel masukan *Fuzzy* yang digunakan adalah jumlah pemberhentian lift ( $S_i$ ), jarak lift ( $D_i$ ), dan respon waktu lift ( $T_i$ ). Ketiga masukan tersebut digunakan sebagai masukan *Fuzzy* karena sangat mempengaruhi waktu tunggu penumpang dan waktu pelayanan penumpang. Variabel keluaran *Fuzzy* yang digunakan adalah Indeks Performansi (IP) lift yang menyatakan tingkat kecocokan lift untuk melayani panggilan-lantai terdaftar.

- Fungsi Keanggotaan Variabel Masukan dan Keluaran *Fuzzy*

Variabel masukan *Fuzzy* jumlah pemberhentian lift ( $S_i$ ) terbagi menjadi 5 himpunan *Fuzzy* yaitu sangat sedikit (SSd), sedikit (Sd), sedang (S), banyak (B), dan sangat banyak (SB). Semesta pembicaraannya didapat dengan cara menghitung jumlah pemberhentian lift maksimum. Jumlah pemberhentian lift maksimum terjadi ketika semua tombol panggilan-lantai dan tombol panggilan-lift ditekan atau menyala.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pemberhentian lift maksimum} &= \text{jumlah tombol panggilan-lantai} + \\ &\quad \text{jumlah tombol panggilan-lift} \\ &= 7 + 12 \\ &= 19\end{aligned}$$

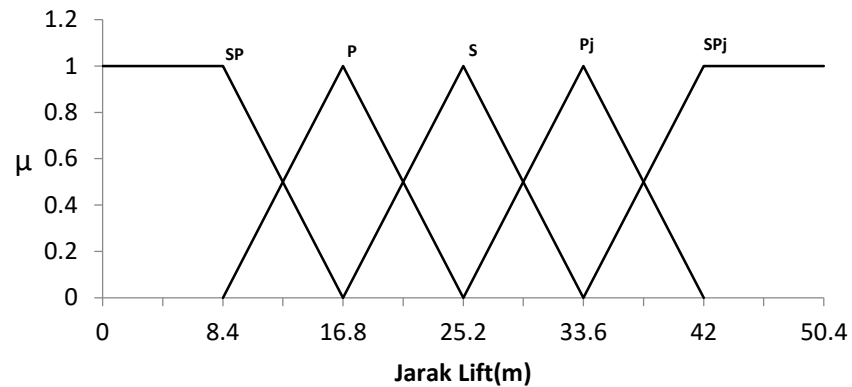
Sehingga didapat semesta pembicaraan variabel jumlah pemberhentian lift ( $S_i$ ) adalah 0 sampai 19, yang akan digunakan sebagai *range* fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan untuk variabel jumlah pemberhentian lift ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Masukan Jumlah Pemberhentian Lift  
Sumber: Perancangan

Variabel masukan *Fuzzy* jarak lift ( $D_i$ ) terbagi menjadi 5 himpunan *Fuzzy* yaitu sangat pendek (SP), pendek (P), sedang (S), panjang (Pj), dan sangat panjang (SPj). Semesta pembicaraannya didapat dengan cara menghitung jarak tempuh lift bolak-balik. Jarak tempuh lift bolak-balik terjadi ketika lift yang berada di lantai satu naik ke lantai 7 kemudian turun ke lantai 1. Diketahui bahwa jarak antar lantai adalah 4,2 meter maka jarak tempuh bolak-balik nya sebesar 50,4 meter.

Semesta pembicaraan variabel jarak lift ( $D_i$ ) adalah 0 sampai 50,4, yang akan digunakan sebagai *range* fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan untuk variabel jarak lift ( $D_i$ ) ditunjukkan pada Gambar 3.11.

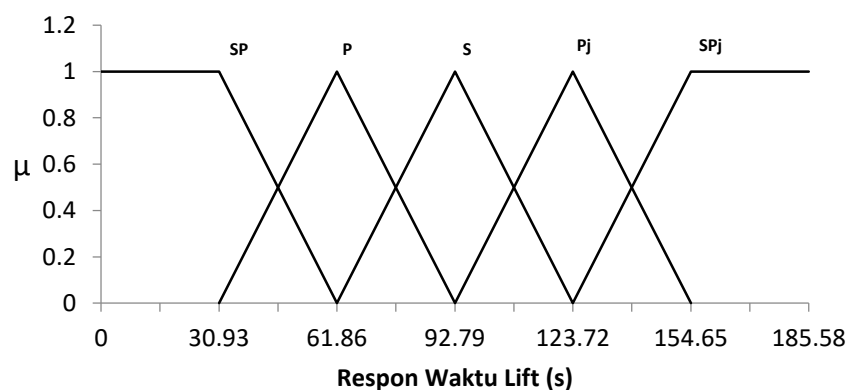


Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Masukan Jarak Lift  
Sumber: Perancangan

Variabel masukan *Fuzzy* respon waktu lift ( $T_i$ ) terbagi menjadi 5 himpunan *Fuzzy* yaitu sangat pendek (SP), pendek (P), sedang (S), panjang (Pj), dan sangat panjang (SPj). Semesta pembicaraannya didapat dengan cara menghitung respon waktu terpanjang. Respon waktu terpanjang terjadi ketika jumlah pemberhentian lift maksimum dan jarak tempuh lift bolak-balik. Dengan menggunakan rumus perkiraan waktu tunggu didapat:

$$\begin{aligned} T_i &= (S_{maks} \times T_s) + (D_{bolak-balik} / v) \\ &= (19 \times 8) + (50,4 / 1,5) \\ &= 185,6 \text{ detik} \end{aligned}$$

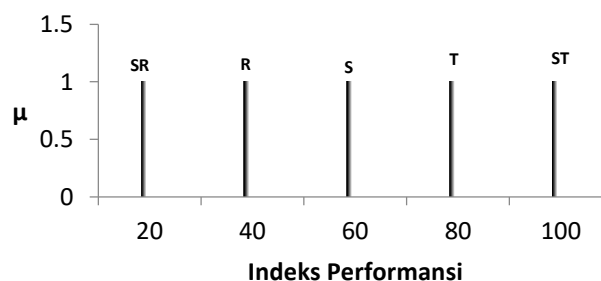
Sehingga didapat semesta pembicaraan respon waktu lift ( $T_i$ ) adalah 0 sampai 185,6, yang akan digunakan sebagai *range* fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan untuk variabel respon waktu lift ( $T_i$ ) ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Masukan Respon Waktu Lift  
Sumber: Perancangan

Ketiga fungsi keanggotaan masukan pada Gambar 3.10, Gambar 3.11 dan Gambar 3.12 dibuat sama, karena jumlah fungsi buah (ganjil) dengan pembagian semacam pada gambar itu adalah paling optimal.

Untuk variabel keluaran *Fuzzy* indeks performansi ( $IP_i$ ) lift terbagi menjadi 5 himpunan *Fuzzy*, yaitu sangat rendah (SR), rendah (R), sedang (S), tinggi (T), dan sangat tinggi (ST). Semesta pembicaraannya adalah 0 sampai dengan 100. Semesta pembicaraan ini untuk menunjukkan tingkat kecocokan atau indeks performansi lift mulai dari 0 sampai 100. Fungsi keanggotaan untuk indeks performansi lift ditunjukkan pada Gambar 3.13



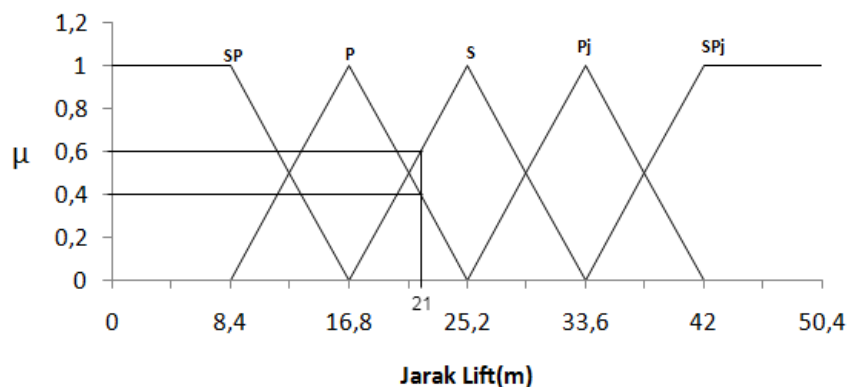
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Keluaran Indeks Performansi  
Sumber: Perancangan

Bentuk bangun yang digunakan dalam fungsi keanggotaan keluaran indeks performansi lift adalah bentuk *singleton* yaitu garis lurus vertikal ke atas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13. Bentuk ini digunakan dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaannya pada algoritma pemrograman.

- Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah informasi dari masukan *Fuzzy* ke data himpunan *Fuzzy* linguistik. Sebagai contoh bila variabel masukan *Fuzzy* jarak lift adalah 21 meter melalui proses fuzzifikasi didapat derajat keanggotaan pada tiap himpunannya seperti pada Gambar 3.14, yaitu:

$$\begin{aligned}
 SP &= 0 \\
 P &= 0,4 \\
 S &= 0,6 \\
 P_j &= 0 \\
 SP_j &= 0
 \end{aligned}$$



Gambar 3.14 Fuzzifikasi dengan Masukan Jarak Lift sebesar 21 meter  
Sumber: Perancangan

- Basis Kaidah

Penyusunan kaidah atur berdasarkan jumlah ruang masukan jumlah pemberhentian lift ( $S_i$ ), jarak lift ( $D_i$ ), dan respon waktu lift ( $T_i$ ) didapatkan 125 aturan. Basis kaidah disusun menggunakan daya penalaran perancang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

		TSP	TP	TS	TPj	TSPj
DSP	SSSd	ST	T	-	-	-
	SSd	T	T	-	-	-
	SS	-	-	-	-	-
	SB	-	-	-	-	-
	SSB	-	-	-	-	-
DTP	SSSd	ST	T	-	-	-
	SSd	T	T	-	-	-
	SS	-	-	-	-	-
	SB	-	-	-	-	-
	SSB	-	-	-	-	-
DS	SSSd	ST	T	S	-	-
	SSd	T	T	S	-	-
	SS	S	S	S	-	-
	SB	-	-	-	-	-
	SSB	-	-	-	-	-
DPj	SSSd	ST	T	S	R	-
	SSd	T	T	S	R	-



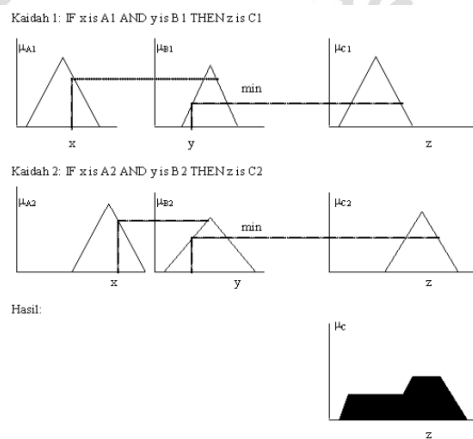
	SS	S	S	S	R	-
	SB	R	R	R	R	-
	SSB	-	-	-	-	-
DSPj	SSSd	ST	T	S	R	SR
	SSd	T	T	S	R	SR
	SS	S	S	S	R	SR
	SB	R	R	R	R	SR
	SSB	SR	SR	SR	SR	SR

Tabel 3.1 Basis Kaidah Atur

Sumber: Perancangan

- Inferensi

Logika inferensi atau pengambilan keputusan yang digunakan berdasarkan kaidah operasi *min-max*. Logika penalaran ditunjukkan dalam Gambar 3.15.

Gambar 3.15 Inferensi *min-max*

Sumber: M.Rusli, 2017

- Defuzzifikasi

Besar nilai keluaran *Fuzzy* dinyatakan sebagai derajat fungsi keanggotaan keluaran. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam suatu rumus yaitu COG (*Center Of Gravity*) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut *crisp output*. Rumus COG adalah metode defuzzifikasi yang paling umum digunakan. *Crisp output* pada penelitian ini merupakan suatu nilai kecocokan atau indeks performansi (IP) yang dimiliki tiap lift untuk melayani panggilan-lantai yang terdaftar pada sistem yang telah dirancang. Untuk variable kontinyu:

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z \, dz}{\int \mu_c(z) \, dz}$$

Untuk variable diskrit:

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j) \cdot z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)}$$

### 3.6 Verifikasi dan Validasi

Setelah program simulasi berhasil dibuat, langkah selanjutnya adalah proses verifikasi dan validasi model lift. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law dan Kelton, 1991). Untuk verifikasi program simulasi, dilakukan:

1. Pengecekan kembali pemrograman model
2. Menggunakan fungsi *compile*
3. Menggunakan fungsi *Trace Monitoring*

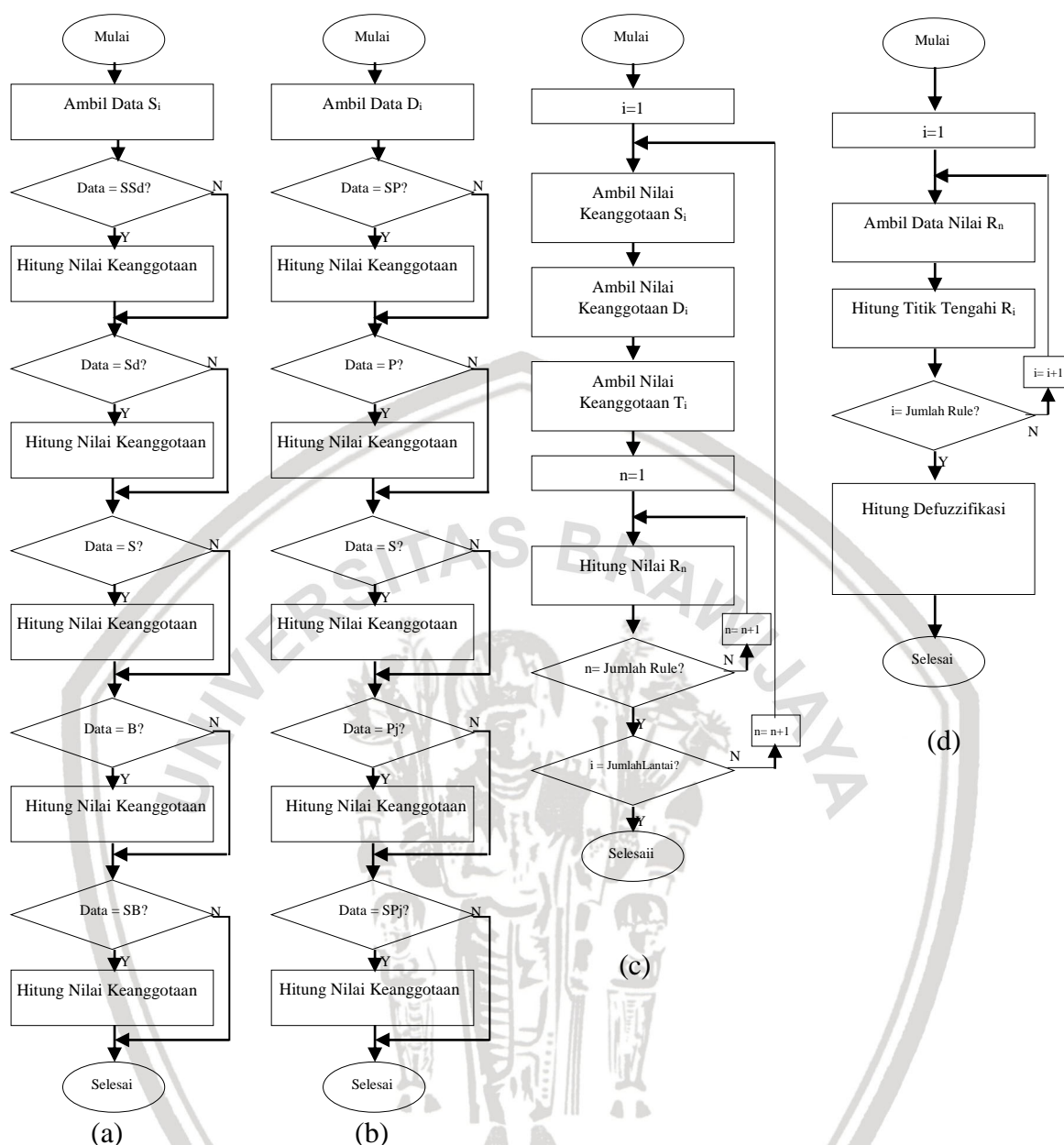
Pengujian kecil dilakukan untuk mengecek kesalahan program. Kesalahan yang terjadi telah diperbaiki untuk menyelesaikan proses verifikasi.

Validasi merupakan proses kegiatan untuk menilai secara rasional apakah rancangan produk dalam hal ini adalah model lift efektif digunakan untuk menguji pengontrol pergerakan grup lift. Validasi dengan membandingkan model dengan sistem sebenarnya sangat sulit dilakukan. Selain menggunakan data gedung pada literatur untuk membangun model lift, penelitian ini divalidasi dengan animasi *monitoring* grup lift

### 3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk menunjang pengujian sistem secara keseluruhan diperlukan perangkat lunak yang memadai. Cx-One mendukung untuk melakukan pengujian pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* dan simulasi perilaku sistem kontrol grup lift tanpa mengambil resiko yang besar dalam bentuk biaya yang dihabiskan dan kehilangan yang terjadi karena kegagalan algoritma. Dengan menggunakan bahasa pemrograman CX-Programmer versi 8.01. kemudian disusun suatu diagram alir untuk memudahkan penyusunan *listing* programnya. Diagram alir utama dari sistem adalah seperti pada Gambar 3.17.





Gambar 3.17 Diagram Alir Proses Data ;(a)  $S_i$  (b)  $D_i$ (c) Inferensi, dan (d)Defuzzifikasi  
Sumber: Perancangan

Diagram alir untuk proses Data dapat dilihat pada Gambar 3.18. Diagram alir untuk proses variabel *Fuzzy*; data  $T_i$  sama dengan diagram alir proses pada Gambar 3.18 (a) dan (b), dimana data yang diambil pada langkah kedua diganti sesuai variabel *Fuzzy* yang akan diproses.

### 3.8 Cara Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan berbagai pengujian terhadap model grup lift yang menggunakan pengontrol pergerakan grup lift dengan berbagai kasus dan kondisi

berdasarkan cara kerja sistem kontrol lift yang diamati. *Handling Capacity* (HC5) adalah prosentase dari populasi orang dilantai yang dilayani oleh grup lift selama 5 menit(www.schindler.com). Pengujian ini dilakukan dengan memberikan delapan macam HC5 pada model lift yang menggunakan algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* dan algoritma kontrol grup konvensional untuk melihat performansi grup lift.

Pada pengujian, trafik yang digunakan ialah *interfloor* trafik, yang asal (panggilan-lantai) dan tujuan lantai penumpang (panggilan-lift) terjadi secara acak dilantai 1 sampai 7. Panggilan-lantai dan panggilan-lift ini dibangkitkan menggunakan pembangkit bilangan acak *Linier Congruential Generator*. Dengan membangkitkan bilangan acak *uniform* untuk panggilan-lift dan panggilan-lantai serta bilangan acak kedatangan *poisson* untuk waktu terjadinya panggilan-lantai.

### 3.9 Analisis dan Kesimpulan

Untuk menganalisis performansi pengontrol pergerakan grup lift, setiap penumpang akan dihitung kriteria performansi nya, yaitu:

- Waktu Tunggu (WT), adalah waktu tunggu penumpang sebelum lift sampai di lantai terjadinya panggilan-lantai
- Waktu Pelayanan (WPy), adalah waktu keseluruhan penumpang mulai dari pendaftaran panggilan-lantai sampai keluar dari lift di lantai yang dituju.

Hasil untuk satu kali pengujian adalah penjumlahan atas semua penumpang dan kemudian dibagi atas jumlah total penumpang. Berikut adalah rumus hasil dari pengujian:

$$\text{Rata-rata Waktu Tunggu} = RWT = \frac{\sum_{i=1}^N WT(i)}{N}$$

$$\text{Rata-rata Waktu Pelayanan} = RWP_y = \frac{\sum_{i=1}^N WPy(i)}{N}$$

Dalam rumus, N, adalah total jumlah penumpang dan WT(i) dan WPy(i) untuk kriteria performansi setiap penumpang i.

Setelah didapat hasil analisis, ditariklah kesimpulan dari seluruh tahap penelitian ini. Kesimpulan berupa hasil, opini, maupun saran guna memperbaiki penelitian selanjutnya dalam bidang yang sama.



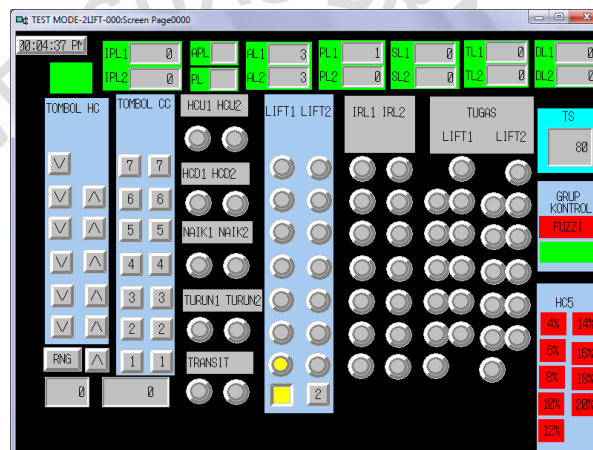
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas validasi model grup lift dan hasil pengujian pengontrol pergerakan grup lift.

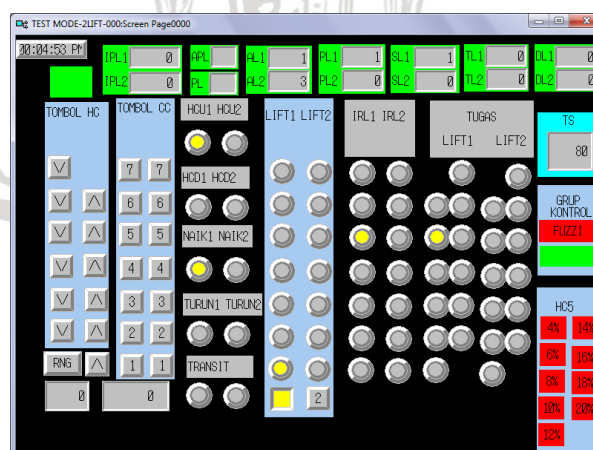
### 4.1 Validasi Model Grup Lift

Validasi dilakukan dengan mengamati animasi *monitoring* model grup lift yang diberi pengujian kecil untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat sesuai dengan perancangan.

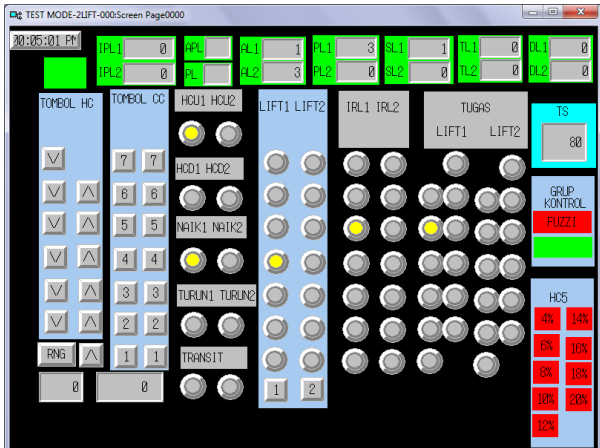
Pengujian kecil ini dilakukan dengan cara menjalankan sistem lift 1. Kemudian memberikan keadaan lift sekarang dan panggilan-lantai yang terjadi.



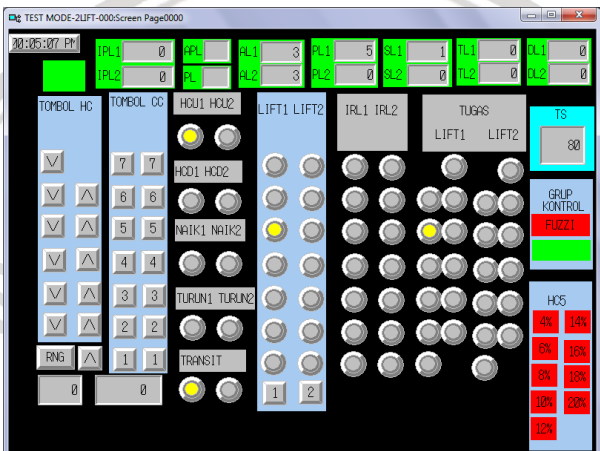
Gambar 4.1 Posisi Lift 1 berada dilantai 1  
Sumber: Hasil *Monitoring*



Gambar 4.2 Pemberian Panggilan-Lantai Naik di lantai 5  
Sumber: Hasil *Monitoring*



Gambar 4.3 Lift 1 Naik  
Sumber: Hasil *Monitoring*



Gambar 4.4 Lift 1 Berhenti dilantai 5  
Sumber: Hasil *Monitoring*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa posisi lift berada di lantai satu sedang berhenti kemudian pada gambar 4.2 diberi panggilan-lantai yang terjadi dilantai 5 lalu mode lift 1 berubah menjadi HCU dan lift 1 memiliki satu tugas di lantai 5. Selanjutnya pada gambar 4.3 bergerak naik dan pada gambar 4.4 dengan matinya lampu TURUN1 dan TRANST1 menyala berarti lift berhenti dilantai 5.

Dengan memberikan berbagai kemungkinan keadaan lift sekarang dan panggilan-lantai yang terjadi didapat hasil dari pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

No	Keadaan Lift Sekarang			Pendaftaran	Keterangan
	Mode	Posisi Lift	Lantai Tujuan	Panggilan-Lantai	
1	-	1	-	5-Naik	Mode lift berubah menjadi HCU kemudian bergerak naik dan berhenti di

					lantai 5
2	-	1	-	5-Turun	Mode lift berubah menjadi HCD kemudian bergerak naik dan berhenti di lantai 5
3	-	7	-	4-Naik	Mode lift berubah menjadi HCU kemudian bergerak turun dan berhenti di lantai 4
4	-	7	-	4-Turun	Mode lift berubah menjadi HCD kemudian bergerak turun dan berhenti di lantai 4
5	HCU	1	7	3-Naik	Lift berhenti dilantai 3 lalu bergerak naik dan berhenti dilantai 7
6	HCU	1	7	3-Turun	Lift berhenti dilantai 7 kemudian mode lift berubah menjadi HCD dan bergerak turun lalu berhenti di lantai 3
7	HCD	7	1	2-Naik	Lift berhenti di lantai 1 kemudian mode lift berubah menjadi HCD dan bergerak naik lalu berhenti di lantai 2
8	HCD	7	1	2-Turun	Lift berhenti di lantai 1 kemudian bergerak naik dan berhenti di lantai 2

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Model Lift  
Sumber: Hasil *Monitoring*

Hasil pengujian pada tabel 4.1 memperlihatkan bahwa model lift telah berjalan sesuai dengan perancangan model grup lift yaitu lift beroperasi otomatis kolektif selektif. Selanjutnya penambahan jumlah lift dapat dilakukan untuk pengujian pengontrol grup lift.

#### 4.2 Hasil Pengujian Pengontrol Pergerakan Grup Lift

*Handling Capacity* (HC5) adalah prosentase dari populasi orang dilantai yang dilayani

oleh grup lift selama 5 menit (www.schindler.com). Pengujian ini dilakukan dengan memberikan delapan macam HC5 (tabel 4.2) pada model grup lift yang menggunakan algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* dan algoritma kontrol grup konvensional. Penggunaan dua buah algoritma kontrol grup untuk mengetahui apakah algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* dapat meningkatkan performansi grup lift dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional.

HC5 (%)	P5 (jumlah penumpang yang dilayani/5menit)
4	11
6	16
8	21
10	26
12	31
14	36
16	42
18	47

Tabel 4.2 8 macam HC5 dengan populasi orang dalam gedung Perum Perhutani I Jawa Tengah sebesar 264 orang  
Sumber: Perancangan

Trafik yang digunakan ialah *interfloor* trafik, yang asal (panggilan-lantai) dan tujuan lantai penumpang (panggilan-lift) terjadi secara acak dilantai 1 sampai 7. Panggilan-lantai dan panggilan-lift ini dibangkitkan menggunakan pembangkit bilangan acak *Linier Congruential Generator*. Dengan membangkitkan bilangan acak *uniform* untuk panggilan-lift dan panggilan- lantai serta bilangan acak kedatangan *poisson* untuk waktu terjadinya panggilan-lantai.

#### 4.2.1 HC5 4%

Pada HC5 sebesar 4%, 11 panggilan-lantai dan 11 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	10.35	7.09
Waktu Pelayanan	25.14	21.85

Tabel 4.3 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 4%  
Sumber: Hasil Simulasi

Pada Tabel 4.3, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma

kontrol grup *Fuzzy* lebih tinggi dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.2 HC5 6%

Pada HC5 sebesar 6%, 16 panggilan-lantai dan 16 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	10.79	6.82
Waktu Pelayanan	26.85	22.14

Tabel 4.4 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 6%

Sumber: Perancangan

Pada table 4.4, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih tinggi dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.3 HC5 8%

Pada HC5 sebesar 8%, 21 panggilan-lantai dan 21 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	13.38	19.07
Waktu Pelayanan	30.74	33.48

Tabel 4.5 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 8%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.5, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibandingkan dengan algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.4 HC5 10%

Pada HC5 sebesar 10%, 26 panggilan-lantai dan 26 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	12.03	13.19
Waktu Pelayanan	34.87	30.92

Tabel 4.6 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 10%

Sumber: Perancangan

Pada table 4.6, rata-rata waktu tunggu pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional, sedangkan rata-rata waktu pelayanan lebih tinggi.

#### 4.2.5 HC5 12%

Pada HC5 sebesar 12%, 31 panggilan-lantai dan 31 panggilan-lift diberikan pada



model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	13.11	17.51
Waktu Pelayanan	43.02	39.3

Tabel 4.7 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 12%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.7, rata-rata waktu tunggu pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibandingkan algoritma kontrol grup konvensional, sedangkan rata-rata waktu pelayanan lebih tinggi.

#### 4.2.6 HC5 14%

Pada HC5 sebesar 14%, 36 panggilan-lantai dan 36 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	20.10	24.15
Waktu Pelayanan	47.98	50.05

Tabel 4.8 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 14%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.8, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibanding algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.7 HC5 16%

Pada HC5 sebesar 16%, 42 panggilan-lantai dan 42 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	20.57	30.87
Waktu Pelayanan	50.35	56.76

Tabel 4.9 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 16%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.9, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibanding algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.8 HC5 18%

Pada HC5 sebesar 18%, 47 panggilan-lantai dan 47 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
Waktu Tunggu	20.13	36.13
Waktu Pelayanan	49.53	62.75

Tabel 4.10 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 18%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.10, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibanding algoritma kontrol grup konvensional.

#### 4.2.9 HC5 20%

Pada HC5 sebesar 18%, 47 panggilan-lantai dan 47 panggilan-lift diberikan pada model lift selama 5 menit. Setelah model disimulasikan selama 5 menit, diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata	<i>Fuzzy</i>	Konvensional
WaktuTunggu	28.97	36.98
WaktuPelayanan	59.81	63.65

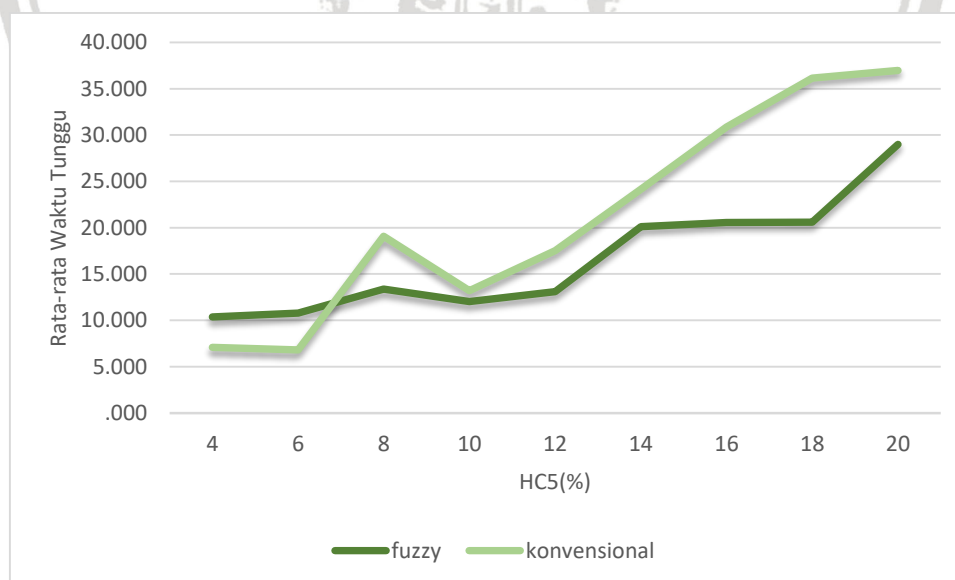
Tabel 4.11 Hasil Simulasi dengan HC5 sebesar 20%

Sumber: Hasil Simulasi

Pada table 4.11, rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu pelayanan pada algoritma kontrol grup *Fuzzy* lebih rendah dibanding algoritma kontrol grup konvensional.

### 4.3 Perbandingan Tiap HC5

Berikut adalah perbandingan parameter performansi grup lift secara keseluruhan pengujian yang menggunakan algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* dan algoritma kontrol grup konvensional:

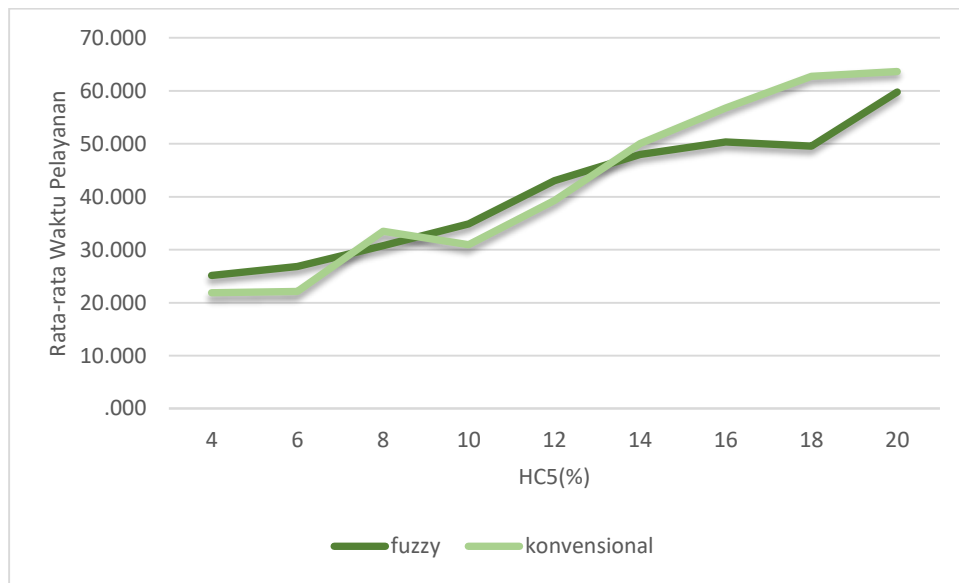


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Waktu Tunggu

Sumber: Hasil Pengujian

Pada gambar 4.5 semakin tinggi prosentase HC5, waktu tunggu pada kedua pengontrol pergerakan grup lift ikut naik. Hasil rata-rata waktu tunggu lift yang menggunakan

algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* berada dibawah hasil rata-rata waktu tunggu lift yang menggunakan algoritma kontrol grup konvensional mulai dari HC5 sebesar 8%.



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Waktu Pelayanan  
Sumber: Hasil Pengujian

Pada gambar 4.7 semakin tinggi prosentase HC5, waktu pelayanan pada kedua pengontrol grup lift ikut naik. Hasil rata-rata waktu pelayanan lift yang menggunakan algoritma kontrol grup logika *Fuzzy* berada dibawah hasil rata-rata waktu pelayanan lift yang menggunakan algoritma kontrol grup konvensional mulai dari HC5 sebesar 14%. Tidak sama dengan rata-rata waktu tunggu yang mulai lebih rendah di HC5 sebesar 8% dikarenakan waktu pelayanan juga dipengaruhi waktu penumpang berada didalam lift.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Logika *Fuzzy* dapat di implementasikan pada pemogramanan PLC dengan menggunakan salah satu bahasa pemograman PLC yaitu *structured text*.
2. Pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* mampu meningkatkan pelayanan grup lift dengan mengurangi; rata-rata waktu tunggu penumpang mulai dari HC5 sebesar 8% sampai 20% dan rata-rata waktu pelayanan penumpang mulai dari HC5 sebesar 14% sampai 20% dibandingkan pengontrol pergerakan grup lift konvensional.

### 5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini agar menjadi lebih baik lagi peneliti menyarankan untuk:

1. Mengimplementasikan self-tuning pada semesta pembicaraan variabel masukan *Fuzzy* sehingga hasil defuzzifikasi atau IP pengontrol pergerakan grup lift menggunakan logika *Fuzzy* tidak selalu sama pada saat jarak antar kedatangan penumpang renggang dan
2. Memperhitungkan jumlah penumpang didalam lift karena kecepatan lift juga dipengaruhi oleh beban yang diangkut lift, agar didapatkan waktu tunggu dan waktu pelayanan yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, A. F., Tyas, H. P., Ratna, D., & Harton, N. (2017). *Analisa Kebutuhan Dan Manajemen Pemeliharaan Elevator Pada Gedung Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*. *Wahana TEKNIK SIPIL*, Vol. 22 No. 1 Juni 2017, 17-28.
- Crawford, H. B., & Zsrlecky, J. (n.d.). *Handbook of mechanical and electrical systems for buildings*. United State of America: McGraw-Hill.
- Kim, C. K., Song, K. A., & dkk. (1995). *A Fuzzy Approach to Elevator Group Control System*. *TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, Vol. 25, No .6.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kuswadi, S. (2007). *Kendali Cerdas*. Yogyakarta: Andi offset.
- Law, A. M. (1991). *Simulation Modeling & Analysis, 2nd ed*. New York: McGraw-Hill.
- Rusli, M. (2017). *Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy*. Malang: UB Press.
- Software Product: CX-One*. (2018, Desember 10). Retrieved from <https://industrial.omron.eu/>: <https://industrial.omron.eu/>
- Traffic Analysis Report*. (2018, Desember 10). Retrieved from [https://www.schindler.com/content/ie/internet/en/mobility-solutions/products/traffic-management-advice/jcr\\_content/iTopPar/downloadlist/downloadList/7\\_1340033241008.download.asset.7\\_1340033241008/example\\_traffic\\_simulation.pdf](https://www.schindler.com/content/ie/internet/en/mobility-solutions/products/traffic-management-advice/jcr_content/iTopPar/downloadlist/downloadList/7_1340033241008.download.asset.7_1340033241008/example_traffic_simulation.pdf)



## LAMPIRAN

